



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**  
**MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – MBT**

**THANA ESASHIKA BEZERRA**

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NA NUTRIÇÃO E NA COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DO CAMUCAMUZEIRO (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) E DA ACEROLEIRA (*Malpighia puniceifolia* L.) EM UM LATOSSOLO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**MANAUS**  
**ESTADO DO AMAZONAS - BRASIL**  
**MAIO - 2007**



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA**  
**MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – MBT**

**THANA ESASHIKA BEZERRA**

**ORIENTADOR: Dr. LUIZ ANTONIO DE OLIVEIRA, Ph.D.**

**EFEITO DA ADUBAÇÃO NA NUTRIÇÃO E NA COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DO CAMUCAMUZEIRO (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) E DA ACEROLEIRA (*Malpighia puniceifolia* L.) EM UM LATOSSOLO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Nutrição de Plantas e Microbiologia de Solos.

**MANAUS**  
**ESTADO DO AMAZONAS - BRASIL**  
**MAIO - 2007**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Esashika, Thana

Efeito da adubação na nutrição e na colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares do camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) e da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.) em um Latossolo da Amazônia Central.

Manaus: UEA/INPA, 2007

Dissertação de Mestrado 132 p.

1. Frutíferas Amazônicas 2. Adubação Foliar 3. Nutrição de Plantas 4. Fungos Micorrízicos Arbusculares.

Sinopse:

Foi analisado o efeito da adubação na nutrição e na colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares do camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) e da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.) em um Latossolo de uma propriedade na zona rural de Manaus - Amazonas.

Palavras chaves: Frutíferas Amazônicas, Adubação Foliar, Nutrição de Plantas, Fungos Micorrízicos Arbusculares.

Key words: Amazonian Fruit Species, Foliar Fertilization, Plant Nutrition, Arbuscular Mycorrhizal Fungi.

**TÍTULO DO PROJETO: EFEITO DA ADUBAÇÃO NA NUTRIÇÃO E NA COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DO CAMUCAMUZEIRO (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) E DA ACEROLEIRA (*Malpighia puniceifolia* L.) EM UM LATOSSOLO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**ALUNA: THANA ESASHIKA BEZERRA**

**ORIENTADOR: Dr. LUIZ ANTONIO DE OLIVEIRA, Ph.D.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais. Área de Concentração: Nutrição de Plantas e Microbiologia de Solos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Luiz Antonio de Oliveira, Ph.D.  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

---

Dr. José Renato Pereira Cavallazzi  
Centro Universitário do Norte - UNINORTE

---

Dr. Arlem Nascimento de Oliveira  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

**MANAUS  
ESTADO DO AMAZONAS - BRASIL  
MAIO - 2007**



*À minha Mãe, pelo amor e apoio, de modo incondicional, durante toda a minha vida.*

*Ao Cleber Kamoda, pelo amor, carinho, companheirismo e compreensão ao longo dessa caminhada.*



*Dedico.*

# *Agradecimentos*

A Deus, pelo amor incondicional, por sempre estar presente ao meu lado, pela fé e saúde, pela força e persistência, por acreditar em mim, pela minha família querida (Tia Myuki, Tiago, Marina, e Vovó Marina) que sempre está ao meu lado, pelas oportunidades ao longo da vida, além do consolo e carinho nas horas difíceis nessa e em outras caminhadas.

À Universidade do Estado do Amazonas e ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais, pela oportunidade para concretizar esse projeto de vida.

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Amazonas, pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa e concessão da bolsa de estudos.

À Superintendência da Zona Franca de Manaus, pelo suporte para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pelo apoio através da infraestrutura para a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio de Oliveira, por aceitar me orientar, pela confiança e incentivo, pelos ensinamentos e dedicação, pelas palavras amigas e, sobretudo, pela nossa amizade.

Ao Msc. Francisco Wesen Moreira, pelo auxílio nas coletas, nas análises de microbiologia, pelo companheirismo e amizade e pelo apoio imprescindível.

Ao Dr. Arlem Nascimento de Oliveira, pelas discussões e contribuições no auxílio dessa pesquisa, além do companheirismo e amizade.

Ao Arthur Antunes, pela ajuda nas análises de laboratório, nas coletas e pela amizade recíproca.

Aos Técnicos do Laboratório de Microbiologia do Solo da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas – INPA: Adilson Dantas, Sr. Aurino, D. Benedita e Manuel Cursino, pela companhia, amizade e momentos de descontração nas atividades realizadas.

Aos amigos do Laboratório Temático de Plantas e Solo – INPA: Tânia Pimentel, Edvaldo Chaves, Orlando Júnior, Nonato Aquino, Raimundo Filho, Sílvio Ferreira, Danielle, Beto Quesada, Kleber, Morgana Melo, Eric Oblitas e em especial ao Jonas Filho, pelas orientações, contribuições, apoio, companhia e pela grande amizade conquistada nos inúmeros momentos de alegria e descontração.

Aos ‘irmãos’ e ‘irmãs’ do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia: Lorena Oliveira, Fabíola Rodrigues, Kélia Larissa Prado, Alessandra Kariza, Alessandra Mari, Aloísio Júnior, Arthur Antunes, Rodnei Bastos, Beatriz Souza e Rogério Corrêa, pela convivência e ajuda, pelos momentos de alegria e descontração e pela grande amizade, de fundamental importância na continuação desta pesquisa.

À Lady Daiana Pinto, pela amizade e por sempre estar disposta a ajudar-me nas horas em que mais precisei.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da UEA: Karol Barbosa, Thiago Ferreira, Lina Cavalcante, Gisele Stark, Ana Paula Barbosa, Danny Carvalho, Rachel Geber e Manuel Bentes, pela amizade, companheirismo diário e pela troca de conhecimentos, e também, pelos momentos de amizade e união.

Aos amigos do Curso de Engenharia Florestal do Instituto de Tecnologia da Amazônia – UTAM: Renata Braga, Adilson Benchaya, Melissa Chalco, Flávio Bruno e Alex Bruno, pela amizade de todos esses anos e pela sempre ajuda recíproca.

*Muito Obrigada!*



## Epígrafe

*“Cada um de nós, seja de onde for, está construindo a vida que deseja.*

*Existência é a soma de tudo o que fizemos de nós até hoje.*

*Toda melhoria que realizarmos em nós, é melhoria na estrada que somos chamados a percorrer.*

*Toda a idéia que você venha a aceitar influenciará seu espírito; escolha os pensamentos do bem para orientar-lhe o caminho e o bem transformará sua vida numa cachoeira de bênçãos.*

*Se você cometeu algum erro, não se detenha para lamentar-se; raciocine sobre o assunto e retifique a falha havida, porque somente assim, a existência lhe converterá o erro em lição.*

*Muito difícil viver bem se não aprendermos a conviver.*

*A vida por fora de nós é a imagem daquilo que somos por dentro.*

*Viver é a lei da natureza, mas a vida pessoal é a obra de cada um.*

*Toda vez que criticamos a experiência dos outros, estamos apontando em nós mesmos os pontos fracos que precisamos emendar em nossas próprias existências.*

*Seu ideal é o seu caminho, tanto quanto seu trabalho é você.”*

*Chico Xavier/ André Luiz*





EFEITO DA ADUBAÇÃO NA NUTRIÇÃO E NA COLONIZAÇÃO RADICULAR POR FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DO CAMUCAMUZEIRO (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) E DA ACEROLEIRA (*Malpighia puniceifolia* L.) EM UM LATOSSOLO DA AMAZÔNIA CENTRAL

Autora: THANA ESASHIKA BEZERRA

Orientador: Dr. LUIZ ANTONIO DE OLIVEIRA

## RESUMO

A baixa fertilidade da maioria dos solos amazônicos aliada à falta de recursos da maioria dos pequenos agricultores da região influem diretamente no desenvolvimento e na sustentabilidade da agricultura regional. Para isso, uma das estratégias é maximizar o uso de microrganismos benéficos do solo, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os quais são capazes de aumentar o sítio de absorção de água e nutrientes pelas plantas hospedeiras. Em adição, a adubação foliar é uma prática econômica em que há um alto índice de utilização dos nutrientes pelas plantas, devido às menores quantidades de produto. Desse modo, informações sobre a microbiologia do solo e a resposta da aceroleira e do camucamuzeiro a diferentes tratamentos de adubação podem contribuir para incrementar a produção dessas frutíferas de grande potencial para a agricultura amazônica. Esta pesquisa visou avaliar o efeito da adubação na nutrição e na colonização por FMA do camucamuzeiro e da aceroleira cultivados em um latossolo amarelo localizado na Comunidade Rural do Brasileirinho, periferia de Manaus. Em condições de campo, avaliou-se os teores foliares dos macro e micronutrientes, as taxas de colonização micorrízica e o número de esporos na rizosfera de ambas as espécies em três épocas de coleta. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida 3 x 10, onde, no camucamuzeiro, as parcelas representaram três épocas de coleta (08/04/06, 15/07/06 e 07/11/06) e dez tratamentos consistidos de adubação química, orgânica e foliar. Para a aceroleira utilizou-se esquema experimental em subparcelas 3 x 9 (três épocas de coleta (21/02/06, 15/06/06 e 09/11/06) e nove tratamentos). Houve variações significativas nos teores foliares das aceroleiras nos diferentes tratamentos. As plantas que receberam adubação química apresentaram os maiores teores de Ca, Mg, K, P e N. As plantas que receberam adubação foliar apresentaram os maiores teores de Fe, Mn e Zn. Esse fato comprova o favorecimento na absorção dos micronutrientes através da maior eficácia do adubo foliar. Houve variações nos teores foliares dos camucamuzeiros nos diferentes tratamentos, com exceção dos teores do N e Mn. As plantas que receberam adubação orgânica apresentaram as maiores médias de Ca, Mg, P e K. Os

micronutrientes Fe, Mn e Zn foram favorecidos pela aplicação de adubo foliar, exceto os teores de Mn, que não apresentaram variações significativas. Nas aceroleiras, os tratamentos com adubação química ou orgânica proporcionaram os maiores teores de Ca, Mg, K, P e N. A utilização do adubo orgânico é mais econômica por ser um insumo barato e viável para o pequeno agricultor. O adubo foliar se mostrou efetivo para os micronutrientes, comprovando ser uma alternativa rápida, econômica e de fácil aplicação. Nos camucamuzeiros, o tratamento com adubação orgânica foi o mais adequado, pois proporcionou os maiores teores de Ca, Mg e K. Para os nutrientes P, Fe, Zn e Mn, os tratamentos com adubo foliar mostraram-se eficientes. Nas aceroleiras, a associação com fungos micorrízicos mostrou correlações positivas com os teores foliares de alguns nutrientes, porém, a taxa de correlação apresentou-se muito baixa. Com isso, pode-se concluir que não houve um benefício eficaz da simbiose planta-fungo. Em ambas as culturas, a adubação e a alta concentração de fósforo no solo podem ter influenciado, de forma negativa, na colonização das raízes pelos fungos. Além disso, a adubação orgânica, em geral, proporcionou os melhores resultados para os macronutrientes e a adubação foliar para os micronutrientes.

Palavras-chaves: Frutíferas Amazônicas, Adubação Foliar, Nutrição de Plantas, Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).

EFFECTS OF THE FERTILIZER IN THE NUTRITION AND COLONIZATION OF  
ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI OF CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)  
McVaugh) AND ACEROLA (*Malpighia puniceifolia* L.) ON A CENTRAL AMAZONIAN  
OXISOL

Authoress: THANA ESASHIKA BEZERRA

Adviser: Dr. LUIZ ANTONIO DE OLIVEIRA

## SUMMARY

The low fertility of the majority of Amazonian uplands soils allied to the deficiency resource of the majority of small farmers influence directly in the development and local agriculture sustainability. One strategies to reach the sustainability is to maximize the beneficial microorganisms use of the soil, as the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), which are capable to increase the site mineral nutrients and water absorption to host plants. In addition, the foliar fertilization is a economic practice that has high index of mineral nutrients use for the plants, due to lower amounts of the product used. In this manner, informations about soil microbiology and the acerola and camu-camu behavior in differents treatments can contribute to develop the production of these two potencial fruit species to local agriculture. This research had as objective to evaluate the fertilization effect in the nutrition and AMF colonization of the camu-camu and acerola tree cultivated on yellow oxisol located in the Brasileirinho Agricultural Community, Manaus. In fields conditions, it was evaluated the foliar macro e micronutrients contents, the mycorrhiza colonization rates and the spores number of both the species on three collect times. The experimental design was randomized blocks with a 3 x 10 split plot scheme to camu-camu tree. The factors means three collect times (08/04/06, 15/07/06 e 07/11/06) and ten treatments with chemical, foliar and organic fertilization. To acerola tree, 3 x 9 split plot scheme, with three collect times (21/02/06, 15/06/06 e 09/11/06) and nine treatments. There were significant variations in the acerola foliar contents in differents treatments. The plants that received the treatments with chemical fertilization presented the higher leand Ca, Mg, K, P and N. The plants that received the treatments with foliar fertilization presented the highest Fe, Mn and Zn leand contents. This fact provides the aiding on micronutrients absorption through the highest effectiveness of foliar fertilizer. There were variations in foliares contents of camu-camu in differents treatments, with exception of the N and Mn contents. The plants that received the treatments with organic fertilization presented the highest Ca, Mg, P and K averages. The Fe, Mn and Zn leand contents were favored by foliar fertilizer applications, exception to Mn, that did not present significant variations. In

acerola, the treatment with chemical fertilizer provided the highest Ca, Mg, K, P and N contents without differing of the contents provided by organic fertilization. The organic fertilization is more economical than others fertilization to the small farmers. The foliar fertilizer was efficient to micronutrients, proving to be a quick, economical and of easy application. In camu-camu, the treatment with organic fertilization was adjusted, because it had provided the highest Ca, Mg and K contents. To P, Fe, Zn and Mn nutrients, the treatments with foliar fertilizer showed efficient. On acerola, the association with mycorrhiza fungi showed positives correlations with leand nutrients, but the correlation rate was very low. Thus, there was no efficient benefice of the plant-fungi symbiosis. In both the cultures, the fertilization and the P concentration in the soil can have influenced, of negative form, in roots colonization by mycorrhizal fungi. Besides, to camu-camu and acerola tree, the organic fertilization, generally, provided the better results to the macronutrients, and the foliar fertilization to the micronutrients.

Key words: Amazonian Fruit Species, Foliar Fertilization, Plant Nutrition, Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF).

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	IV
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	VI
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
1 Objetivos.....	22
1 Objetivo Geral.....	22
1.1 Objetivos Específicos.....	22
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
2.1 A espécie: <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVaugh.....	23
2.1.1 Características da espécie.....	23
2.1.2 Ocorrência.....	23
2.1.3 Importância econômica de <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVaugh.....	24
2.2 A espécie: <i>Malpighia puniceifolia</i> L.....	25
2.2.1 Características da espécie.....	25
2.2.2 Importância econômica de <i>Malpighia puniceifolia</i> L.....	26
2.3 Características dos solos de terra firme da Amazônia.....	26
2.4 Nutrição de plantas.....	30
2.4.1 Adubação mineral.....	32
2.4.2 Adubação orgânica.....	36
2.4.3 Adubação foliar.....	37
2.4.3.1 Absorção foliar.....	41
2.4.3.2 Fatores que influem na eficiência da absorção foliar.....	44

2.4.3.2.1 Fatores externos.....	44
2.4.3.2.2 Fatores internos.....	46
2.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs).....	48
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>56</b>
3.1 Caracterização da área de estudo.....	56
3.2 Adubações mineral, orgânica e foliar.....	58
3.3 Coleta do material.....	62
3.4 Análise do material.....	62
3.5 Análise dos fungos micorrízicos arbusculares nas raízes.....	64
3.6 Análise dos esporos.....	66
3.7 Delineamento experimental e análise estatística dos dados.....	67
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
4.1 Teores de nutrientes foliares em tratamentos envolvendo as adubações orgânica, química e foliar em aceroleira ( <i>Malphigia puniceifolia</i> L.).....	69
4.1.1 Considerações gerais.....	82
4.2 Teores de nutrientes foliares em tratamentos envolvendo as adubações orgânica, química e foliar em camucamuzeiro ( <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVaugh)...	84
4.2.1 Considerações gerais.....	97
4.3 Correlações entre os teores de nutrientes foliares da aceroleira ( <i>Malphigia puniceifolia</i> L.) e do camucamuzeiro ( <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVaugh) e os níveis de colonização por fungos micorrízicos arbusculares.....	99
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>128</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Folha vista transversal. Estruturas constituintes da cutícula.....	43
<b>Figura 2</b> – Representação esquemática da classificação das micorrizas conforme a anatomia das raízes colonizadas e suas principais características.....	49
<b>Figura 3</b> – Formação da associação e os componentes e estruturas dos FMAs: Esporos, Vesículas, Arbúsculos e Hifas.....	51
<b>Figura 4</b> – Seqüência de eventos na formação das micorrizas arbusculares.....	52
<b>Figura 5</b> - Imagem de satélite mostrando a cidade de Manaus - AM, a Reserva Adolpho Ducke ao norte e a Comunidade Rural do Brasileirinho, ao leste.....	56
<b>Figura 6</b> – Índice de pluviosidade acumulada no município de Manaus – AM, no ano de 2006.....	57
<b>Figura 7</b> – Seqüência do processo de clarificação e coloração: (A) – Hidróxido de potássio (KOH) à concentração de 10 %; (B) – Água oxigenada (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> – Vol. 30); (C) – Ácido clorídrico (HCl) à concentração de 3 % e (D) – Corante Tryphlan Blue.	65
<b>Figura 8</b> – Lâminas com segmentos de raízes coradas com o produto Tryphlan Blue, para a visualização das estruturas dos FMAs.....	65
<b>Figura 9</b> – Técnica de extração de esporos dos FMAs por peneiramento úmido, utilizando solução de sacarose à concentração de 40 % e peneiras de diferentes diâmetros (0,250; 0,015; 0,053; 0,044 mm).....	66
<b>Figura 10</b> - Instalação do experimento de aceroleira ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.).....	68
<b>Figura 11</b> - Instalação do experimento de camucamuzeiro ( <i>Myrciaria dubia</i> (H.B.K.) McVaugh).....	68

**Figure 12** – Aspectos da colonização por fungos micorrízicos arbusculares em camucamuzeiro (A – Hifas, B e C – Vesículas e Hifas) e em aceroleira (D – Vesículas, E e F – Esporos). Fotomicrografia das raízes visualizadas com aumentos de 200x (A, C e F) e 400x (B, D e E), após coloração com Tryphlan Blue. .... 100

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com aceroleira e camucamuzeiro da Comunidade Rural do Brasileirinho, Manaus – Am. Ano de 2006.....	57
<b>Tabela 2</b> – Tratamentos da cultura do camucamuzeiro e suas respectivas quantidades.....	59
<b>Tabela 3</b> - Tratamentos da cultura da aceroleira e suas respectivas quantidades..	59
<b>Tabela 4</b> - Quantidade de macronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para o camucamuzeiro, durante três épocas de coleta no ano de 2006.....	60
<b>Tabela 5</b> - Quantidade de micronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para o camucamuzeiro, durante três épocas de coleta no ano de 2006.....	60
<b>Tabela 6</b> - Quantidade de macronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para a aceroleira, durante três épocas de coleta no ano de 2006.....	61
<b>Tabela 7</b> - Quantidade de micronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para a aceroleira, durante três épocas de coleta no ano de 2006.....	61
<b>Tabela 8</b> - Médias dos teores foliares de cálcio nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	69

<b>Tabela 9</b> - Médias dos teores foliares de magnésio nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	71
<b>Tabela 10</b> - Médias dos teores foliares de potássio nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	72
<b>Tabela 11</b> - Médias dos teores foliares de fósforo nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	74
<b>Tabela 12</b> - Médias dos teores foliares de nitrogênio nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	76
<b>Tabela 13</b> - Médias dos teores foliares de ferro nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	77
<b>Tabela 14</b> - Médias dos teores foliares de manganês nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	79
<b>Tabela 15</b> - Médias dos teores foliares de zinco nos tratamentos aplicados em acerola ( <i>Malpighia puniceifolia</i> L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	80
<b>Tabela 16</b> - Médias dos teores foliares dos macronutrientes cálcio e magnésio no tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	84
<b>Tabela 17</b> - Médias dos teores foliares de fósforo nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	87
<b>Tabela 18</b> - Médias dos teores foliares de potássio nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	89

<b>Tabela 19</b> - Médias dos teores foliares de nitrogênio nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	91
<b>Tabela 20</b> - Médias dos teores foliares de ferro nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	92
<b>Tabela 21</b> - Médias dos teores foliares de zinco nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	94
<b>Tabela 22</b> - Médias dos teores foliares de manganês nos tratamentos aplicados em camu-camu ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	95
<b>Tabela 23</b> - Médias das taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (%) em camucamuzeiro ( <i>Myrciaria dubia</i> ), em três épocas de coleta. Média de três repetições.....	99
<b>Tabela 24</b> - Médias das taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (%) em acerola ( <i>Malphigia puniceifolia</i> ), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.....	103
<b>Tabela 25</b> - Correlações entre as colonizações micorrízicas (%) e os teores de macro ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) nas folhas da aceroleira ( <i>Malphigia puniceifolia</i> ) de um latossolo amarelo localizado na Comunidade Rural do Brasileirinho (Manaus-AM). Médias de três épocas de coleta, cinco repetições.....	106
<b>Tabela 26</b> - Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas rizosferas de aceroleira e do camucamuzeiro nos tratamentos testemunha e em tratamentos contendo diferentes tipos de adubação, em 35g de solo, no ano de 2006, localizados na Comunidade do Rural do Brasileirinho (Manaus – AM).....	108

## INTRODUÇÃO

Entre as espécies vegetais promissoras para a agricultura da Região Amazônica incluem-se o camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) e a aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.). Ambas conhecidas por seus elevados teores de ácido ascórbico e grande procura no mercado de exportações.

A aceroleira é uma fruta atrativa pelo seu sabor agradável e destaca-se por seu reconhecido valor nutricional, principalmente como fonte de vitamina C, vitamina A, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B (Tiamina, Riboflavina e Niacina). É consumida tanto *in natura* como industrializada, sob a forma de sucos, sorvetes, geléias, xaropes, licores, doces em caldas e entre outras (GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

A área cultivada no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para os Estados da Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, que juntos detém 60 % da produção nacional. A maior parte dos pomares de acerola é formada com mudas oriundas de sementes. Por isso apresentam grande variabilidade genética quanto à produtividade, porte, arquitetura da copa, rendimento de polpa, cor, sabor, consistência e tamanho do fruto.

A importância socioeconômica do camucamuzeiro reside no fato de seus frutos apresentarem um dos maiores conteúdos de ácido ascórbico, em torno de 2.880 mg em 100g de polpa integral (ALVES et al., 2000; ANDRADE et al., 1995; LESLIE, 1998) se comparado com outras frutas tropicais como a acerola, de 1.790 mg em 100 g de polpa e ao do caju de 220 mg em 100 g de polpa (LUDWING, 1996). Alguns genótipos podem atingir até 6.112 mg em 100 g de polpa e 5.737 mg em 100 g de polpa com casca (YUYAMA et al., 2002). Essa característica faz do fruto um potencial econômico no



mercado promissor de produtos naturais no país e no exterior (FERREIRA & GENTIL, 1997; YUYAMA et al., 2003).

O interesse de diversos setores industriais, fármacos, cosméticos, conservantes naturais, bebidas, sucos, geléias e vinhos tem aumentado a demanda por pesquisas em busca de maiores informações a respeito dessas espécies, pois pouco se sabe sobre as condições ideais de cultivo, os teores de elementos minerais necessários ao bom desenvolvimento de frutos e as associações potenciais com microrganismos presentes no solo, uma vez que há poucos trabalhos, principalmente em relação à cultura do camucamuzeiro.

Segundo Oliveira & Oliveira (2003), o desenvolvimento de tecnologias adequadas à utilização sustentável dos recursos vegetais e a quantificação dos benefícios que os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem propiciar às plantas, principalmente em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, podem ser ferramentas que ajudem o pequeno agricultor nos cultivos, pois os benefícios da simbiose fungo-planta resultam na melhoria do estado nutricional da planta, melhor utilização e conservação de nutrientes no sistema, redução de perdas por estresses de natureza biótica, como pragas e doenças ou abióticas, como desbalanço nutricional e déficit hídrico, e modificações fisiológicas e bioquímicas, como maior taxa fotossintética e produção de raízes (COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994). Essa associação planta-fungo aumenta a área de absorção das raízes das plantas, permitindo uma exploração mais eficaz do solo (SIQUEIRA, 1991), e principalmente do fósforo (OLIVEIRA et al., 1999).

Os benefícios potenciais dos FMAs têm sido amplamente estudados, principalmente no que se refere à nutrição vegetal (LE TACON et al., 1987), à tolerância a condições adversas do ambiente (LINDERMANN, 1992; SYLVIA & WILLIAMS, 1992), à conservação do solo (MILLER & JASTROW, 1990) e à sustentabilidade e manutenção de ecossistemas naturais (ALEXANDER et al., 1992).

Além disso, pode-se ainda dispor da complementação de macro e micronutrientes via adubação foliar, pois esta apresenta as vantagens de ter o alto índice de utilização dos nutrientes pelas plantas, as respostas das plantas são rápidas, sendo possível corrigir deficiências após o seu aparecimento e durante o crescimento das plantas (VOLKWEISS, 1991). Do ponto de vista do custo efetivo, as aplicações

foliares são menos caras do que as realizadas no solo para corrigir deficiências de micronutrientes, devido entre outras razões, necessitar-se de menores quantidades de produto e sua aplicação ser feita simultaneamente com os pesticidas.

Desse modo, devido à carência de informações sobre o manejo das culturas da aceroleira e do camucamuzeiro em propriedades rurais da região amazônica, além de um maior conhecimento sobre a adubação foliar e no solo e se essa adubação afetaria a colonização micorrízica, mais pesquisas devem ser realizadas para incrementar a expansão da cultura no Brasil, principalmente no Estado do Amazonas, de maneira que o camucamuzeiro e a aceroleira possam se tornar mais uma opção de cultivo para os pequenos agricultores da região.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da adubação na nutrição e na colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares do camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) e da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.), cultivados em um latossolo de uma propriedade rural de Manaus.

### 1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Verificar se as plantas responderão às adubações mineral, orgânica e foliar.
- ✓ Verificar a ocorrência de correlações entre as taxas de colonização micorrízica e os teores de macro e micronutrientes no tecido foliar das plantas analisadas.
- ✓ Verificar a ocorrência dos esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A espécie: *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh.**

#### **2.1.1 Características da espécie**

No Brasil, a espécie apresenta as denominações mais comuns como araçá, araçazinho, araçá-d'água, araçá do igapó, caçari, sarão, araçá azedo, azedinho, socoró e murta (CAVALCANTE, 1991; FERREIRA, 1986; RIBEIRO et al., 2000), guayabito na Venezuela, guayabo na Colômbia (CLEMENT, 1986) e rumberry nos Estados Unidos (CAVALCANTE, 1991), porém, a maioria das referências adotou a denominação mais conhecida, que recebeu no Peru: camu-camu (VILLACHICA, 1996).

De acordo com McVaugh (1958), a espécie, arbusto ou árvore, pode alcançar até 8 m de altura, se ramifica desde a base formando vários ramos secundários, delgados, flexíveis e pendentes que se ramificam na forma de um vaso. O fruto é do tipo baga globosa. A polpa é ácida, sucosa, comestível, aromática, sabor agradável e de coloração branca (CALZADA & RODRIGUEZ, 1980; PICÓN BAOS et al., 1987).

Dada a sua importância como fruto nativo e como fonte rica em vitamina C, o aproveitamento de pomares naturais merece redobrada atenção, pois, esses locais se apresentam mais produtivos e com um custo menor, considerando-se eficiente a sua exploração nestas condições. Essa atitude acarreta numa excessiva atividade exploratória destas populações silvestres e pode provocar um negativo impacto sobre a abundância de camu-camu e sobre toda a cadeia trófica que está baseada em seus frutos (PETERS & VASQUEZ, 1987).

#### **2.1.2 Ocorrência**

É uma espécie nativa da região amazônica e distribui-se por grande parte da Amazônia Brasileira, nos Estados do Pará, ao longo dos rios Tocantins e Trombetas;

Amapá, Rondônia, ao longo dos rios Maçangana e Urupá; Roraima, nos rios Urubu e Maú (YUYAMA et al., 2002), Mato Grosso e Amazonas, ao longo dos rios Javari, Madeira, Negro e Xingu (VILLACHICA, 1996).

Na Amazônia Peruana, se encontra ao longo dos rios Ucayali, Amazonas e seus afluentes (rios Nanay, Napo, Marañon, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Oroza, Maniti, Putumayo, Yavari, Apayacu), numa área entre as localidades de Pucallpa (sobre o rio Ucayali) e Pebas (sobre o rio Amazonas) com populações nativas bastante expressivas e algumas localidades apresentando formações praticamente monoespecíficas (RIVA RUIZ, 1994; VILLACHICA, 1996).

### **2.1.3 Importância econômica de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh**

O camu-camu tem em sua composição química, em 100 g de polpa, 93 % de água, 24 calorias, 0,5 g de proteínas, 5,0 g de carboidratos, 0,4 g de fibras, 0,2 g de cinzas, 28,0 mg de cálcio, 15,0 mg de fósforo, 0,5 mg de ferro, 0,01 mg de tiamina, 0,04 mg de riboflavina, 0,061 mg de niacina e 2,780 mg de ácido ascórbico reduzido (FERREIRA & GENTIL, 1997; RIVA RUIZ, 1994; VILLACHICA, 1996).

O fruto, em virtude da elevada acidez da polpa, dificilmente é consumido ao natural na alimentação humana, muito embora possa ser apreciado dessa forma como tira-gosto (FERREIRA, 1986). O comum é processá-lo visando a elaboração de sucos, mas as características de elevada suculência, sabor ácido acentuado, coloração intensa e odor pronunciado (ANDRADE, 1991) possibilitam empregá-lo na obtenção de produtos agroindustriais, como polpa congelada, suco concentrado, suco liofilizado, néctar (OLIVEIRA et al., 2005; VILLACHICA, 1996), sorvetes, geléia, licor e até xarope concentrado (MARQUES et al., 2005). Adicionalmente, o elevado teor de ácido ascórbico gera interesse na indústria farmacêutica para a produção de concentrado de vitamina C (FAPESP, 2001).

O ácido ascórbico é usado como complemento alimentar para exercer várias funções baseadas em sua propriedade de oxidação-redução, as quais incluem antioxidante, inibidor de escurecimento e pode modificar, melhorar e dar estabilidade à cor (ELTENMILLER & LANDER, 1999). Tem a função ainda de adstringente, anti-

inflamatório e emoliente, além de combater as radicais livres, responsáveis pelo envelhecimento precoce (RAINTREE, 2005).

A função principal do ácido ascórbico no organismo está associada com a biossíntese de colágeno, que necessita do ácido ascórbico como cofator na reação da prolina e lisina hidrolase, que são enzimas fundamentais para converter prolina em hidroxiprolina (ELTENMILLER & LANDER, 1999).

## **2.2 A Espécie: *Malpighia punicifolia* L.**

### **2.2.1 Características da espécie**

Conhecida também como cerejeira das Antilhas, é uma planta rústica, originária das Antilhas, Norte da América do Sul, de porte arbustivo, com 2 a 3 m de altura, com ramos densos e espalhados. As folhas são ovadas a elítico-lanceoladas, com 2,5 a 7,5 cm de comprimento, opostas, com pecíolo curto, pequenas, de coloração verde-escura e brilhante na face superior e verde pálida na face inferior. As flores apresentam pedúnculo longo de pouco mais de 1 cm de diâmetro, de cor rosa-esbranquiçada a vermelha. São dispostas em cachos de 3 a 5 flores nas axilas dos ramos de crescimento. O fruto é uma baga de tamanho, forma e peso variáveis. A casca é fina e delicada. Os frutos maduros podem apresentar diferentes tonalidades, que vão do amarelo ao vermelho intenso ou roxo. Possuem normalmente três sementes protegidas por um invólucro (MARINO NETTO, 1986; SIMÃO, 1971).

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção e exportação da acerola. Esse fato deve-se às condições favoráveis de clima e do solo em grande parte do país. Outro fator é a grande importância nutricional dos frutos, entre seus componentes, destaca-se o alto teor de ácido ascórbico, em 100 g de polpa pode haver até 2000 mg dessa vitamina. O que fez da acerola uma fruta altamente requisitada no mercado mundial para o consumo *in natura* e para o preparo de sucos (OLIVEIRA et al., 1993).



### **2.2.2 Importância econômica de *Malpighia punicifolia* L.**

O principal atrativo da acerola se refere aos teores de ácido ascórbico, que variam muito de planta para planta, sendo encontradas variações dentro do limite de 30 a 1800 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa, havendo alguns pés que produzem frutas com 2000 mg/100g de polpa (ARAÚJO & MINAMI, 1994).

A acerola pode ser explorada comercialmente na forma de produtos processados ou *in natura*. Por causa de sua perecibilidade, os frutos não têm sido comercializados como produto fresco. Entretanto, o mercado tem crescido cada vez mais para os processados, que podem ser utilizados na fabricação de polpa, purê, concentrado, geléia, suco, xarope, compota, conserva, cápsulas de vitamina C pura e produtos liofilizados (GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

Os países produtores de acerola que, juntamente com o Brasil, disputam o mercado internacional são a Colômbia, Venezuela, Ilhas do Caribe, Filipinas, Vietnã e Estados Unidos (OLIVEIRA et al., 1993).

### 2.3 Características dos solos de terra firme da Amazônia

Os solos da região Amazônica são antigos, alguns originados na era paleozóica. Já os escudos são compostos de rochas ígneas do período pré-cambriano e metamórficas que contêm algumas manchas de sedimentos do período paleozóico a mesozóico (60 a 400 milhões de anos atrás). O vale é formado por sedimentos fluviais de textura grossa, depositados entre o cretáceo e o terciário. Nesses solos, os efeitos do intemperismo já ultrapassaram a rocha sílica, que através da lixiviação dos íons básicos e ácidos, foram formando latossolos sem estratificação visível entre os horizontes (HIGUCHI & HIGUCHI, 2004). Assim, o solo amazônico é resultado do intenso processo de lixiviação que vem ocorrendo há milhões de anos e os teores de nutrientes como o Ca, Mg, P e K estão em concentrações bem inferiores às necessárias para o bom desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA, 1994).

Logo, os ecossistemas de terra firme consistem de solos latossolos (oxisols) e de argilossolos (ultisols). Esses solos são profundos, bem drenados e apresentam, em geral, boas propriedades físicas e suas características principais são baixa fertilidade natural, elevada acidez e alta saturação com alumínio. Essas características dificultam o bom desenvolvimento das plantas e sua associação com microrganismos, além de limitar o uso na agricultura regional (ALFAIA & OLIVEIRA, 1997; COCHRANE et al., 1985; OLIVEIRA et al., 1997).

Os solos oxisols são todos aqueles solos que apresentam um horizonte óxico, especificamente caracterizado por uma concentração relativa de óxidos livres, argilas pouco ativas e ausência de minerais de fácil intemperização. Estão restritos a regiões tropicais, sobre superfícies geomorfológicas muito antigas que permitem este alto grau de intemperização. Já os ultisols agrupam os solos que possuem um horizonte argílico e suficiente grau de lixiviação e alteração para produzir uma saturação de bases baixas em todo o solo, estando as bases presentes mantidas principalmente pelo ciclo estabelecido entre plantas e o solo. Isto é válido principalmente para os ultisols de avançada idade que possuem escassos minerais intemperizáveis. Em solos de superfície mais recente pode haver baixa saturação de bases embora moderada.

Em termos bastante genéricos, em condições de baixa fertilidade e, nas condições tropicais, têm-se níveis tóxicos de alumínio e manganês e deficiências acentuadas de nutrientes, os quais afetam o desenvolvimento das plantas. A toxidez do alumínio manifesta-se na inibição do crescimento das raízes das plantas, resultando em um menor volume de solo explorado, trazendo conseqüências diretas na nutrição mineral e na absorção de água (OLIVEIRA, 1994; OLIVEIRA & MOREIRA, 1993).

A acidez também influencia o crescimento das plantas. Em geral, em solos ligeiramente ácidos o suprimento de plantas por nutrientes tais como fósforo, magnésio, potássio ou cálcio é freqüentemente marginal ou mesmo deficiente, enquanto em solos com acidez extremamente alta e toxidez de alumínio, esse elemento é o principal fator dominante que limita o crescimento (CHAGAS JÚNIOR, 2000; OLIVEIRA, 1994). A má nutrição de plantas nos solos ácidos é proveniente da disponibilidade limitada de nutrientes, freqüentemente fortalecida pela baixa capacidade de absorção da raiz (KELTJENS, 1997).

Apesar de todas essas características prejudiciais, há uma alta diversidade biológica crescendo em cima dos solos pobres e ácidos proveniente da ciclagem de nutrientes da própria floresta, responsável por cerca de 99,9 % dos suprimentos que mantém o sistema, uma vez que menos de 0,1 % dos nutrientes são lixiviados no solo, com as plantas absorvendo quase a totalidade deles (JORDAN & STARK, 1978).

Os vegetais cumprem um importante papel na circulação dos nutrientes minerais. Esses são retirados pelas raízes de camadas profundas do solo, mantidos acima do nível do solo no corpo das plantas e, finalmente retornam ao solo. Especialmente as espécies que possuem um extenso e profundo sistema radicular são capazes de buscar nutrientes que foram carreados para as camadas mais profundas do solo. Após a degradação da liteira originada dessas árvores, esses nutrientes absorvidos retornam aos horizontes superficiais do solo, disponíveis para as espécies que possuem raízes superficiais (LARCHER, 2004).

O componente decisivo na movimentação de substâncias minerais entre a comunidade vegetal e o solo é o mecanismo de reciclagem ou ciclagem de nutrientes. Se a camada da liteira for removida, a mesma quantidade de nutrientes representada pelas substâncias minerais incorporadas nessa liteira pode ser perdida (LARCHER,

2004). A ciclagem e disponibilidade de vários elementos químicos exigidos pelas várias formas de vida constituem o alicerce de sustentação da biosfera terrestre e a chave do entendimento da relevância dos processos biológicos do solo (SIQUEIRA et al., 1994; SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A solução para a atividade agrícola nos solos da Amazônia seria, então, a implantação de técnicas específicas, como o manejo adequado do solo, o cultivo de espécies pioneiras, a utilização de plantas fixadoras de nitrogênio, o uso de fertilizantes artificiais, incluindo os macro e micronutrientes (SALATI et al., 1998) e as associações com microrganismos do solo, como as micorrizas arbusculares, que podem contribuir para o crescimento das plantas, aumentando a área de contato da raiz com o solo e a absorção de fósforo e outros nutrientes, permitindo que explorem o solo eficientemente, o que torna as plantas menos dependentes de adubos químicos e, ao mesmo tempo, proporcionando maior capacidade produtiva do solo (MARSCHNER & DELL, 1994; MILLER & JASTROW, 1992; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004).

No entanto existem poucos estudos feitos com micorrizas arbusculares em espécies nativas da Amazônia, como os realizados por St. John (1980a) e Bonetti et al. (1984), que relatam suas ocorrências e Oliveira & Oliveira (2004) que avaliaram a colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos em cupuaçuzeiros e guaranazeiros e os teores de macro e micronutrientes no tecido foliar, e notaram que há correlação da concentração foliar e a colonização micorrízica, indicando a importância dos fungos nativos no balanço nutricional das plantas. Os mesmos autores (2003) observaram em um outro estudo, a sazonalidade, a colonização radicular e a esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e pupunheira na Amazônia Central e verificaram que a esporulação é mais acentuada nos meses de maior precipitação, pois segundo Siqueira (1993), a alternância do ciclo de umedecimento dos solos estimula a esporulação dos fungos micorrízicos.

## 2.4 Nutrição de plantas

Há mais de dois mil anos foi reconhecido o efeito benéfico dos elementos minerais no crescimento das plantas. Contudo, foi em 1840, que Just Von Liebig concluiu que a planta se nutria de alguns poucos elementos minerais retirados do solo, além de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Seus estudos eram baseados apenas na observação e especulação, sem uma experimentação precisa. A partir daí, houve um despertar nas pesquisas na área de nutrição mineral no século XIX (BONATO et al., 1998; MALAVOLTA, 1980).

A nutrição mineral envolve a absorção e assimilação de todos os minerais brutos do ambiente que são necessários para os processos bioquímicos essenciais, a distribuição desses minerais dentro da planta e a sua utilização no metabolismo e no crescimento (RAVEN et al., 2001). Esses minerais, embora requeridos em pequenas quantidades, são de fundamental importância para o desempenho das principais funções metabólicas da célula vegetal (BONATO et al., 1998). Derivados da intemperização de minerais do solo, da decomposição da matéria orgânica ou de adubações suplementares, são absorvidos fundamentalmente pelo sistema radicular, estando mais prontamente disponíveis às raízes aqueles que se acham dissolvidos na solução do solo (BONATO et al., 1998; MALAVOLTA, 1980).

A absorção de nutrientes é um processo tipicamente de área. A presença de pêlos radiculares, que são extensões de células epidérmicas, e o aumento da área superficial de membranas plasmáticas de células da rizoderme em dicotiledôneas, aumentam grandemente a área de contato da raiz com o solo e, conseqüentemente a absorção. A taxa de absorção de um determinado nutriente dependerá de sua concentração no volume de solo ocupado pelas raízes, além de sua taxa específica de difusão ou fluxo em massa (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 2000).

Pequenas quantidades de material mineral podem também ser absorvidas pelas superfícies da parte aérea, é a chamada adubação foliar, onde através dela, são fornecidos os macro e micronutrientes às plantas e até substâncias utilizadas para a proteção, como os pesticidas (LARCHER, 2004). Diferencia-se da adubação mineral somente na forma de conduzir os nutrientes minerais, pois, fisiologicamente, os

benefícios de um determinado nutriente realizados na planta são os mesmos quando fornecido pelo sistema radicular (CAMARGO & SILVA, 2002).

No caso geral, a adubação foliar não pode substituir totalmente o fornecimento de adubos ao solo, para a absorção através das raízes. Entretanto, a expansão do uso da adubação foliar a um número cada vez maior de culturas vem mostrando que há culturas que podem ser mantidas, em relação a determinados nutrientes, quase que exclusivamente por via foliar. Pesquisas realizadas por Camargo (1970), revelaram que a adubação foliar foi bem mais eficiente que a radicular, principalmente em relação aos micronutrientes e alguns macronutrientes.

Para que possa usar a adubação foliar com bons resultados, é necessário um bom conhecimento dos princípios que regem a absorção e o movimento dos nutrientes nas plantas, bem como os efeitos da sua falta ou excesso, e as regras práticas da sua aplicação (CAMARGO & SILVA, 2002; VOLKWEISS, 1991).

Na Amazônia, as pesquisas sobre a nutrição mineral são bastante trabalhosas por causa da grande diversidade de espécies vegetais distribuídas pelos diferentes grupos sucessionais e habitando nos mais diversos ecossistemas. Além disso, as intrincadas relações físicas, químicas e biológicas existentes influenciam diretamente a dinâmica dos nutrientes na relação solo-planta.

Resende et al. (2000) estudaram o efeito da adubação fosfatada sobre a nutrição mineral de espécies florestais arbóreas de diferentes grupos ecológicos, Aroeira (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.), Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e entre outras e constatou-se que as espécies pioneiras, de crescimento mais rápido, foram bastante influenciadas pela disponibilidade de fósforo, apresentando maior acúmulo de macronutrientes na parte aérea, e sensíveis alterações nos teores foliares e na eficiência de utilização desses nutrientes. Isso se deve ao fato que níveis adequados de fósforo no solo são requeridos para otimizar seu crescimento e eficiência nutricional. As espécies clímax mostraram menor resposta ao fornecimento de fósforo, comportamento esse associado à menor taxa inicial de crescimento dessas espécies.

### 2.4.1 Adubação Mineral

Vários estudos mostram os efeitos da adubação mineral sobre o crescimento e a produtividade, com ênfase para a demanda e função dos nutrientes no metabolismo das plantas (MARSCHNER, 1986). A demanda por nutrientes varia entre espécies, estação climática e estágio de crescimento e é mais intensa na fase inicial de crescimento das plantas. As espécies dos estágios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes, relativamente àquelas dos estágios sucessionais subseqüentes, característica intimamente relacionada com o potencial de crescimento ou taxa de síntese de biomassa. As espécies pioneiras e secundárias iniciais, com maior potencial de crescimento, devem receber recomendações criteriosas, especialmente em solos com deficiência de fertilidade (FURTINI NETO et al., 1999).

Morais (1998) estudou as respostas do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) à aplicação de N, P e K em solos de terra roxa estruturada eutrófica e em latossolo amarelo, extremamente pobres em nutrientes e verificaram que o P foi o nutriente que mais limitou a produção de cacau nos dois solos utilizados. Em latossolo amarelo, o K proporcionou aumento da produtividade. Quanto à praga vassoura-de-bruxa, o P reduziu o número de frutos atacados em ambos os solos, enquanto que o N e o K aumentaram a intensidade de incidência dessa enfermidade no latossolo amarelo.

Corrêa et al. (2002a) encontraram que a combinação de dosagens de P e de Zn proporcionaram a obtenção de mudas de aceroleira (*Malpighia glabra* L.) de melhor padrão e com alturas superiores às demais, pois apresentaram incremento linear na altura, diâmetro de caule, número de folhas e na massa seca das raízes e da parte aérea (folha e caule), indicando que esse pode ser um bom tratamento para a produção de mudas de boa qualidade.

No estudo de Salvador et al. (2003), foi verificada a influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), mostrando que a concentração de 0,5 mg L<sup>-1</sup> de manganês foi a melhor dose em solução nutritiva, e o valor do elemento boro não ficou definido. O aumento nas doses de boro afetou significativamente a produção de matéria seca das raízes e

os tecidos foliares de P, S e B, além de confirmar que sintomas de toxidez nas folhas mais velhas revelam a baixa mobilidade do boro na goiabeira.

Natale et al. (2003) avaliaram o efeito da aplicação de zinco ao substrato de produção das mudas de goiabeira, acompanhando seus efeitos no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca das plantas e observaram que as mudas de goiabeira responderam à aplicação de zinco em substrato com baixo teor. O maior desenvolvimento das plantas esteve associado à dose próxima de  $2 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn, o que corresponde a cerca de  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn no solo e doses iguais ou superiores a  $4 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn (cerca de  $2 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn no solo) provocaram redução significativa no desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes nas mudas de goiabeira.

Pesquisas demonstram que houve efeito significativo em doses de N e P para o crescimento de plantas de aceroleira adubadas com N, P e K em um latossolo amarelo no Estado do Pará e que a aplicação de  $100 \text{ g/planta}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  apresenta os melhores resultados, pois as variáveis diâmetro do caule e largura da copa indicam excelente resultado (SENA & VELOSO, 2004).

Ayres & Alfaia (2004) analisaram os efeitos de doses de N, P e K, calagem e micronutrientes na produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann,) e notaram que nos dois primeiros anos a adubação com NPK + micronutrientes, NPK +  $\text{CaCO}_3$  e NPK + micro +  $\text{CaCO}_3$  induziu um aumento na produção de frutos, evidenciando a importância da correção da acidez do solo e da aplicação de micronutrientes no aumento da produtividade da frutífera.

Conceição et al. (2004) avaliaram os efeitos de omissões de macro e micronutrientes no desenvolvimento de mudas de cupuaçuzeiros e observaram que as omissões individuais de N, P, K, Ca, S, B, Cu, Fe e Zn afetam o número de folhas de mudas de cupuaçuzeiros, as omissões individuais de N, P, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn afetam a área foliar de mudas de cupuaçuzeiros e as omissões individuais de N, P, K, Mn e Fe afetam o teor de clorofila de mudas de cupuaçuzeiros. Neste trabalho foi detectado que as omissões individuais de N, P, Ca, S, B e Fe na solução nutritiva foram as que mais limitaram o desenvolvimento de mudas de cupuaçuzeiros.

Araújo et al. (2005) avaliou os efeitos da nutrição potássica sobre as características de crescimento da planta e produção de frutos de maracujazeiro-



amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) e verificaram que o aumento da concentração de K na solução nutritiva resultou no aumento no comprimento dos ramos e vingamento dos frutos, além de diminuir o tempo transcorrido da fecundação da flor à maturação do fruto. Essas informações corroboram com a característica de que o potássio é considerado o nutriente da qualidade, pois desempenha papel fundamental na síntese de proteínas, carboidratos, açúcares, entre outras estando todas essas características relacionadas com a qualidade dos frutos. Normalmente aumenta o tamanho do fruto, a espessura da casca e o índice de acidez da polpa (MARSCHNER, 1986).

Com relação aos estudos sobre adubação e nutrição mineral do camucamuzeiro, há poucas informações a respeito, devido à falta de plantações em terra firme e a dificuldade de acesso das populações nativas que habitam áreas alagadas periodicamente, e os encontrados na literatura restringem-se apenas à produção de mudas, em casas de vegetação, mas não há muitos trabalhos com cultivos em solo de terra firme.

De acordo com Falcão et al. (1993), o cultivo do camucamuzeiro em terra firme, nas condições edafoclimáticas de Manaus (AM), tem demonstrado bons resultados, tanto no desenvolvimento da planta quanto na produtividade de frutos, com a vantagem do ciclo de produção se estender por todo o ano.

Ribeiro et al. (2001) avaliaram o desempenho vegetativo de 11 acessos de camucamuzeiro coletados em populações naturais do Rio Solimões e cultivados em terra firme, nas condições edafoclimáticas de Belém (PA) e concluíram que os acessos adaptaram-se bem às condições de terra firme. Os indicativos dos resultados basearam-se em variáveis do diâmetro do caule, comprimento e largura da folha, número de caules e área foliar. Esse resultado é de grande importância para o melhoramento dessa frutífera amazônica, pelo fato que algumas variáveis estão relacionadas com a formação de copa das plantas e produção, tendo em vista que os frutos são produzidos em ramificações.

Sousa & Yuyama (2000) estudaram a produção de mudas de camucamuzeiro em quatro tipos de solos (Latosolo, Argissolo, Gleissolo e Terra Preta) da Amazônia

Central, usando adubação orgânica e mineral, e verificou que o melhor crescimento de mudas ocorreu em Latossolo e com adubação mineral.

Viégas et al. (2004b) estudaram o efeito da omissão de N, P, K, Ca, Mg, S e do micronutriente B no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais, assim como na composição mineral em mudas de camucamuzeiro e notaram que, com exceção da omissão de fósforo, os demais tratamentos de omissão limitaram a produção de matéria seca das folhas, do caule, das raízes e do total, quando comparadas ao tratamento completo. As omissões de N, P, K, Ca, Mg, S e B, na solução nutritiva, resultam em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional de cada nutriente do camucamuzeiro, além de resultar na redução dos teores e do acúmulo dos nutrientes nas diversas partes da planta. E verificaram também que as omissões individuais de N, K e B são as mais limitantes para a produção de matéria seca total da plantas de camucamuzeiro.

Na deficiência do nitrogênio, as folhas mais velhas apresentam coloração verde-amarelada e com a intensidade da deficiência, as lâminas foliares ficam totalmente amareladas. Essa coloração está associada com a menor produção de clorofila e com modificações na forma dos cloroplastos (MALAVOLTA et al., 1997).

Segundo Epstein (1997), em plantas com deficiência de potássio, os compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas putrescinas e agmatina, muitas vezes se acumulam, sendo a agmatina, provavelmente, responsável pelas manchas necróticas que aparecem nas folhas deficientes neste nutriente e assim diminui a matéria seca da planta.

Os sintomas de deficiência do boro manifestam-se nas folhas que se apresentam retorcidas, atrofiadas, pequenas e grossas, e, com a intensidade dos sintomas, ocorre a morte do meristema apical do caule. O boro se acumula nas folhas mais velhas, com teores mais altos nas pontas e margens, e o transporte desse micronutriente ocorre via transpiração, o que explicaria o fato de os sintomas de deficiência se manifestarem nos pontos de crescimento (EPSTEIN, 1997; JONES, 1970).

Segundo Marschner (1986), os nutrientes minerais têm funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas. Desta forma, quando um dos nutrientes essenciais não está presente em quantidades satisfatórias ou em condições que o

tornam pouco disponível, a deficiência desse nutriente nas células promoverá alterações no seu metabolismo. Estes distúrbios geralmente se revelam através de sintomas visíveis de clorose e necrose de folhas, crescimento reduzido ou outras anomalias. Os sintomas de carências minerais são mais ou menos característicos para cada nutriente, dependendo também da severidade da deficiência, da espécie, variedade ou cultivar, e de fatores ambientais.

#### **2.4.2 Adubação Orgânica**

A prática da adubação orgânica é feita com a decomposição de resíduos orgânicos, tais como, esterco, urina e restos de animais, palhas, lixo, serragem, restos de culturas e capinas, bagaços ou ainda farinha de ossos e de carne, que se transformam em húmus. O húmus tem a capacidade de diminuir a perda de cálcio, magnésio e potássio pelas lavagens do solo, além de liberar nutrientes para as plantas e facilitar a absorção desses nutrientes (MELLO & FERNANDES, 2000).

Os adubos orgânicos, entretanto, não valem apenas pelos nutrientes que contêm, mas também por seus benefícios nos solos (MALAVOLTA et al., 2000):

- 1) Funcionam como fonte de energia para os microrganismos úteis
- 2) Melhoram a estrutura, o arejamento e a capacidade de armazenar umidade.
- 3) Aumentam a capacidade do solo em armazenar nutrientes.
- 4) Têm efeito regulador na temperatura do solo.
- 5) Retardam a fixação de fósforo e aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC), ajudam a segurar o potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes em formas disponíveis para as raízes e,
- 6) Alguns produtos da decomposição da matéria orgânica têm efeito hormonal ou estimulante para o desenvolvimento das raízes.

O efeito dos adubos minerais de aumentar a produção depende, em parte, de sua associação com os adubos orgânicos. O uso somente de adubos orgânicos não é suficiente para garantir ou aumentar a fertilidade dos solos. A adubação mineral e a adubação orgânica se completam, pois nenhuma delas, isoladamente, satisfaz as exigências nutricionais das culturas (MELLO & FERNANDES, 2000).

Pesquisas relacionadas com o camucamuzeiro e com a aceroleira e a adubação orgânica ainda são escassas, com exceção de Castro & Yuyama (2004), que avaliaram o efeito da adubação orgânica (esterco curtido) e mineral (superfosfato triplo, cloreto de potássio e uréia) sobre o desenvolvimento de mudas de camucamuzeiro e verificaram que a aplicação de 86 g de esterco parcelada em duas vezes (43 g cada) com intervalo de 30 dias favorece o desenvolvimento das mudas de camucamuzeiro, ao contrário da adubação mineral, que não proporcionou um bom desenvolvimento das mudas.

### **2.4.3 Adubação Foliar**

Reconhece-se que vida vegetal teve início na água, onde são encontradas a maioria das espécies. Entretanto, quando as plantas mudaram seu habitat aquático para o terrestre, seus órgãos se adaptaram em diversas funções. Como por exemplo, as raízes especializaram-se em absorção de água e nutrientes e as folhas na realização da fotossíntese, mas essas não perderam a capacidade de absorção. Nessa característica originou a prática da adubação foliar, em que soluções de um ou mais nutrientes são aspergidas sobre a parte aérea das plantas, atingindo principalmente as folhas (BOARETTO & MURAOKA, 1995; VOLKWEISS, 1991).

A adubação foliar, de um modo geral, se destina às correções de deficiências dos micronutrientes e dos macronutrientes, com o objetivo de complementação à adubação via solo, podendo significar uma economia na utilização de fertilizantes, pois nesta, a eficiência no aproveitamento dos nutrientes é reduzida devido aos processos de lixiviação e imobilização (MALAVOLTA, 1991). Não se trata de um método recente, pois em 1676, Mariotte abordou o problema da absorção de água pelas folhas e em 1844, Gris utilizou  $\text{FeSO}_4$  na aplicação foliar para corrigir sintomas de clorose (ANDREU et al., 2005).

Em comparação com as aplicações via solo, a adubação foliar apresenta as vantagens de ter o alto índice de utilização dos nutrientes pelas plantas, as doses de micronutrientes aplicadas são, em geral, menores, as respostas das plantas são rápidas, sendo possível corrigir deficiências após o seu aparecimento e durante o crescimento das plantas, além de ser uma das formas mais eficientes de correção de

Fe em solos com pH neutro ou alcalino (LOPES, 1999; VOLKWEISS, 1991). Talvez seja a forma de aplicação mais efetiva para os micronutrientes, tais como o B, Cu, Mn, Fe e Zn. Está demonstrada a correção da clorose em muitos cultivos com a adição via foliar de micronutrientes, regeneração de cloroplastos, o que ao contrário pode conduzir ao envelhecimento das folhas e aumenta a atividade fotossintética (ANDREU et al., 2005).

Ainda, durante certas etapas críticas no desenvolvimento do vegetal, as demandas metabólicas de nutrientes minerais podem exceder temporariamente a capacidade de absorção das raízes e a posterior translocação para suprir as necessidades da planta. Isto é característica em cultivos de crescimento rápido. Como consequência, as adições de nutrientes ao solo não incrementam de forma suficiente a disponibilidade dos íons para a planta, sendo necessária outra via para substituir ou completar. Outro efeito positivo da adubação foliar é o aumento na resistência a condições ambientais adversas e a pragas, com a combinação de fertilizantes foliares e pesticidas. Além disso, um novo papel dos fertilizantes e de grande importância é a regulação da eficácia hídrica em alguns cultivos, especialmente de frutíferas. As soluções nutritivas incrementam a resistência ao estresse hídrico, reduzindo a condutância estomática e a transpiração (ANDREU et al., 2005; O' DELL, 2003).

Do ponto de vista do custo efetivo, as aplicações foliares são menos caras do que as realizadas no solo para corrigir deficiências de micronutrientes, devido entre outras razões, necessita-se de menores quantidades de produto e sua aplicação ser feita simultaneamente com os pesticidas.

As desvantagens sobre a adubação foliar são poucas, mas devem ser analisadas com cuidado, como, em função da baixa mobilidade da maioria dos micronutrientes, há a necessidade de verificar os tratamentos fitossanitários, pois muitos deles têm como princípio ativo o cobre, manganês, zinco e outros, para que os custos extras de múltiplas aplicações foliares não se tornem altos, além disso, quando aplicados em doses adequadas, podem contribuir para a correção parcial ou total de possíveis deficiências nutricionais de alguns micronutrientes. Outra desvantagem em comparação à adubação via solo é que o efeito residual é muito menor. Além de problemas estritamente de compatibilidade, a presença de um nutriente na solução

pode afetar negativamente a absorção de outro, principalmente nas soluções multinutrientes (LOPES, 1999; O' DELL, 2003).

Há várias situações em que a adubação foliar pode atingir o objetivo esperado, dependendo em que situação se encontra a cultura, com deficiência de macro e micronutrientes ou do objetivo de cada agricultor.

Entre as formas de adubação via foliar podemos destacar a Adubação Foliar Corretiva ou Preventiva, Adubação Foliar Substitutiva, Adubação Foliar Complementar, Adubação Foliar Suplementar no Estádio Reprodutivo e Adubação Foliar Suplementar Estimulante (BOARETTO & MURAOKA, 1995; BOARETTO & ROSOLEM, 1989; CAMARGO & SILVA, 2002).

A Adubação Foliar Corretiva ou Preventiva é usada quando se constata ou se espera a deficiência nutricional e então se aplica o nutriente específico. Portanto, a Adubação Corretiva deve ser efetuada num determinado momento e seu efeito é de curta duração, pois caso as falhas não sejam superadas, é possível que a deficiência nutricional apareça novamente à medida que a planta retoma seu desenvolvimento.

Um dos primeiros empregos dessa forma de adubação foi a pulverização de sulfato de ferro para corrigir clorose foliar em plantação de abacaxi no Havaí, em solos onde o ferro encontrava-se em baixa disponibilidade, devido à concentração extremamente alta de manganês. A aplicação da solução aquosa contendo 2 a 8 % de sulfato ferroso possibilitou a recuperação temporária da clorose e que o período de eficiência de uma única pulverização variou com o grau de disponibilidade de ferro no solo (BOARETTO & MURAOKA, 1995).

A Adubação Foliar Substitutiva é a substituição do formulado de adubo via solo por aplicações foliares para suprir a exigência da cultura (BOARETTO & ROSOLEM, 1989). Pesquisas com laranjeiras de Embleton & Jones (1974) conseguiram provar a eficiência da substituição de N aplicado via solo pela aplicação foliar, em algumas áreas da Califórnia. Entretanto, é necessário ressaltar que foram feitas várias aplicações foliares de uréia para fornecer as quantidades de N desejadas, a fim de que os tratamentos com adubação foliar nitrogenada fornecessem a mesma produção de frutos que a adubação nitrogenada via solo (BOARETTO & MURAOKA, 1995).

A Adubação Foliar Complementar ocorre quando uma parte do adubo ou alguns nutrientes são aplicados via solo convencionalmente, sendo esta adubação complementada pela aplicação via foliar. Muito comum na lavoura de citrus e café, em que os macronutrientes são aplicados via solo e os micronutrientes são aplicados via foliar (BOARETTO & MURAOKA, 1995; BOARETTO & ROSOLEM, 1989).

O objetivo da Adubação Foliar Suplementar no Estádio Reprodutivo não é suprir os nutrientes que estão deficientes no solo, mas sim suprir a cultura com os macronutrientes N, P, K e S, os quais são responsáveis pelo “enchimento dos grãos”. Esses macronutrientes seriam os que se translocam em maior quantidade para as sementes em formação. Há evidências experimentais que, durante a fase de “enchimento dos grãos”, os fotossintatos produzidos são canalizados primeiramente para as sementes em desenvolvimento. Assim, como os nutrientes absorvidos através das raízes não são suficientes para repor o N, P, K e S das folhas que são translocados para os grãos em desenvolvimento, ocorreria a senescência rápida das folhas. Dessa forma, a reposição dos nutrientes via foliar, poderia manter a fotossíntese por um tempo maior, o que refletir-se-ia em maior peso de grãos (BOARETTO & MURAOKA, 1995; CAMARGO & SILVA, 2002; GARCIA & HANWAY, 1976; ROSOLEM & BOARETTO, 1989).

Segundo Rosolem (1984), a Adubação Foliar Suplementar Estimulante foi proposto com base nos resultados dos trabalhos de Trenkel (s/d), os quais verificaram que formulações de NPK, em determinadas proporções, quando aplicadas às folhas em pequenas doses e repetidas vezes durante o ciclo do trigo, proporcionavam aumentos nas quantidades de nutrientes nas plantas que eram superiores às quantidades aplicadas nas folhas. Logo, concluíram que a adubação foliar estimulava a absorção radicular nas plantas. Esse tipo de adubação é recomendado em culturas vigorosas e de alta produtividade, sem carências nutricionais, pois essa prática teria a finalidade de garantir a produção pendente, em períodos de ocorrência de *stress* nutricional (PRIMAVESI, 1980; ROSOLEM, 1984; ROSOLEM & BOARETTO, 1989).

Pesquisas referentes à adubação foliar em espécies frutíferas da Amazônia são relatadas por Gavinho (2005), em que avaliou os efeitos da adubação foliar e as formas de aplicação na produção de frutos e no teor de ácido ascórbico em *Myrciaria dubia*.

Foram avaliados quatro tipos de adubos foliares (Ouro Verde, PT-1, Uréia + KCl e Biocontrol), onde o adubo Ouro Verde proporcionou maior produção de frutos, cerca de 3,6 kg/planta, mas não teve efeito na forma de aplicação. A aplicação dos adubos foliares elevou a produção, em torno de 1.236 g/planta e o rendimento também, com 74,62 % de polpa. Já a aplicação dos adubos PT-1 e Uréia + KCl foi prejudicial no teor de ácido ascórbico, mas a aplicação do adubo Biocontrol, duas vezes por semana, pode favorecer o teor de ácido ascórbico em camucamuzeiro.

Pulverizações foliares com cloreto de cálcio em anos com perspectivas de frutos grandes e alta relação entre folhas e frutos, devem ser recomendadas para garantir boa qualidade de frutos de macieira (ERNANI et al., 2004). A cultura da macieira (*Malus sylvestris*) é extremamente exigente em cálcio, o qual interfere na qualidade e na conservação dos frutos. Quando o cálcio não é adequadamente suprido, os frutos apresentam vários distúrbios fisiológicos que inviabilizam a comercialização. Além do suprimento de Ca, as relações dele com N, K e Mg também interferem no aparecimento de distúrbios fisiológicos nos frutos (ARGENTA & SUZUKI, 1994).

Tem-se obtido bons resultados na cultura do abacaxi (*Ananas sativus*) com a aplicação do nutriente uréia em concentrações que variam de 0,125 a 5 %. As pulverizações com sulfatos de amônio têm se mostrado bastante eficientes também. Em ambos os casos, é preciso observar um intervalo de 2 meses entre as pulverizações. Já com a cultura do cacau (*Theobroma cacao*), trabalhos desenvolvidos na Colômbia, obtiveram excelentes resultados com a aplicação de uréia em pulverizações a 0,5 % na folhagem, antes ou após a polinização (CAMARGO & SILVA, 2002).

#### **2.4.3.1 Absorção Foliar**

É a entrada de um íon ou molécula no simplasto. Com o simplasto está contido inteiramente no apoplasto, é óbvio que, para qualquer substância chegar ao simplasto, deverá, obrigatoriamente passar pelo apoplasto (CAMARGO & SILVA, 2002).

O fertilizante foliar quando aplicado na parte aérea tem como via principal de entrada as folhas, mas também pode penetrar pelo caule ou pelas gemas. E a partir daí,



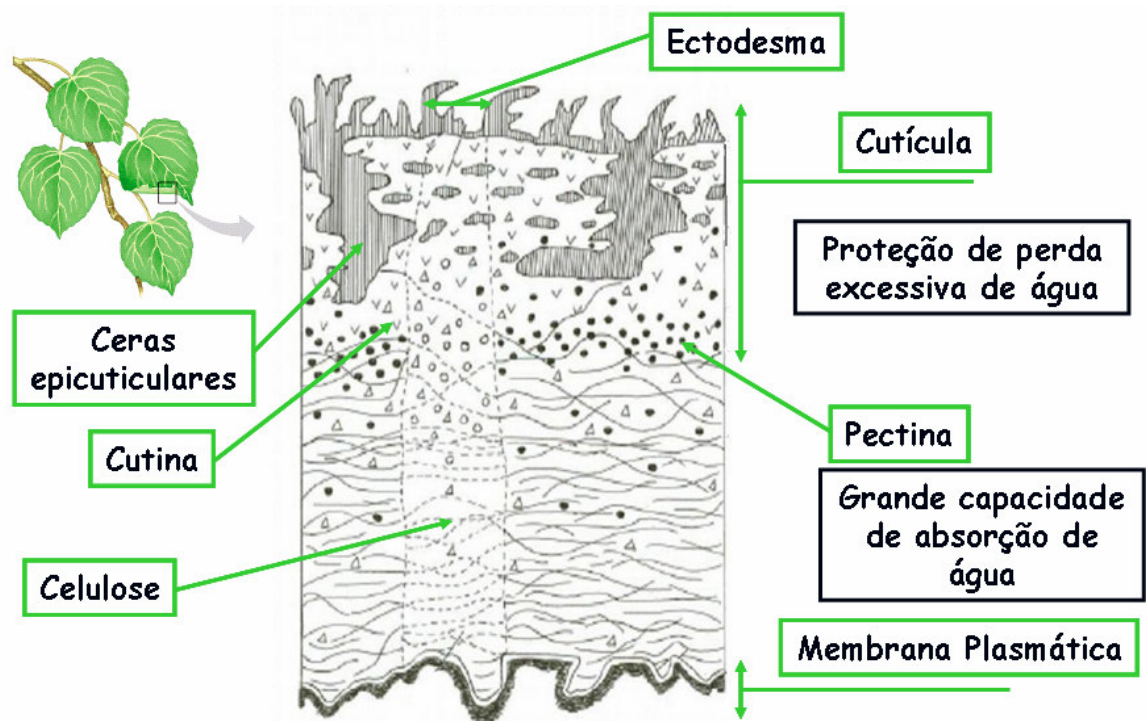
deve passar por várias estruturas de diferentes composições antes de alcançar o simplasto. Essas estruturas (Figura 1) compreendem a cutícula, a parede celular e a plasmalema (FACCINI & PURICELLI, 2005).

A parede exterior das células da folha está coberta por uma cutícula que inclui ceras epicuticulares. É o componente mais hidrofóbico na superfície da folha, pois limita a penetração de moléculas de água e íons através da membrana. Consiste de cetonas, ésteres com longas cadeias de ácidos graxos e cadeias de álcoois paralelas umas às outras. Essa estrutura protege as folhas de uma excessiva perda de água pela transpiração, assim como a perda de nutrientes e outros solutos por lixiviação (ROMHELP & EL-FOULY, 1999; WÓJCIK, 2004).

A cutícula está localizada logo abaixo das ceras epicuticulares e contém principalmente cutina, substância lipídica depositada na superfície externa das paredes das células epidérmicas e que contém muitos grupos hidróxidos livres, os quais enfraquecem as interações hidrofóbicas e facilitam a penetração de nutrientes na membrana da cutícula. Além da cutina, a camada cuticular é composta por pectinas e hemiceluloses, as quais têm dissociados grupos hidróxidos e carbóxidos, causando características polares à membrana. Devido ao gradual aumento nas cargas negativas da camada das ceras epicuticulares para a camada da pectina, é criado um gradiente eletroquímico que aumenta o movimento de cátions e moléculas de água. E com isso, o fluxo de cátions através da membrana cuticular é muito mais facilitado do que de ânions. Estima-se que cátions penetrem cerca de mil vezes mais do que ânions (MENGEL, 2002; WÓJCIK, 2004).

Os nutrientes minerais penetram nas células epidérmicas através dos ectodesmas, que são de estrutura plasmática como os plasmodesmas e que desempenham um papel importante na absorção cuticular. São enfileirados com cargas negativas, as quais aumentam a densidade da cutícula de fora para dentro. O número de ectodesmas na parte adaxial da superfície da folha é, geralmente, menor do que na parte abaxial, entretanto, a quantidade de ectodesmas é fortemente afetada por condições ambientais e pelo estado fisiológico das folhas. Estresses como temperaturas altas, radiação solar intensa, seca e infecções patogênicas, diminuem o número de ectodesmas na folha. Esses problemas podem afetar a capacidade da folha

em absorber íons e de permeabilidade (MARSCHNER, 1986; TYREE et al., 1992; WÓJCIK, 2004).



**Figura 1** – Folha vista transversal. Estruturas constituintes da cutícula.

Fonte: Adaptado de Wójcik (2004).

Uma outra possibilidade de penetração de solutos é através dos estômatos abertos nos tecidos das folhas, é uma via pouco provável, devido às células guardiãs estarem cobertas por uma capa cuticular. Porém, pesquisas recentes consideram possível esse processo devido à capa cuticular do estômato ter um conteúdo menor de ceras hidrofóbicas (ROMHELP & EL-FOULY, 1999).

O apoplasto é um importante espaço ocupado pelos nutrientes depois de penetrar na cutícula e antes da absorção através da membrana plasmática do simplasto. É o conjunto contínuo e não vivo das paredes celulósicas. As condições químicas do apoplasto, como o pH, são decisivas para a posterior absorção dos nutrientes pelo simplasto e pesquisas revelam que os diferentes genótipos exibem diferentes penetrações de nutrientes através das paredes celulares e que influem na posterior absorção através do simplasto (CAMARGO & SILVA, 2002; MELGAR, 2005).

O simplasto é o conjunto vivo e contínuo de todos os protoplastos da planta, conectados entre si pelos plasmodesmas, incluindo o citoplasma de cada célula. Os princípios gerais de absorção de nutrientes do apoplasto para o simplasto são os mesmos da absorção nas células das raízes. Em contraste, a absorção pelas folhas é mais dependente de fatores externos como umidade e temperatura e é diretamente afetada pela luz. É dependente de energia e está mediada por proteínas de transporte (ROMHELP & EL-FOULY, 1999). Os nutrientes absorvidos pelo simplasto movem-se juntamente como os fotossintatos pela mesma via, chegando às raízes e outros órgãos de reserva onde se acumulam (FACCINI & PURECELLI, 2005).

### **2.4.3.2 Fatores que influem na eficiência da absorção foliar**

#### **2.4.3.2.1 Fatores externos**

##### **A) Ângulo de contato**

Para que ocorra a penetração da solução, a superfície foliar deve estar molhada. A capacidade de uma solução para molhar a superfície é função do ângulo de contato, o qual depende da tensão superficial e da natureza da superfície em questão. Para isso, existem os agentes molhantes, que induzem um aumento da adesão molecular água - cutícula, promovendo um contato mais íntimo da solução nutriente com a superfície da folha. A solução forma um filme uniforme na superfície da folha, permitindo a penetração de maior quantidade de nutrientes na cutícula (CAMARGO & SILVA, 2002; MALAVOLTA, 1980).

## B) Temperatura e umidade

A temperatura e a umidade relativa do ar afetam a velocidade de secagem da solução aplicada e, portanto, a possibilidade de estabelecimento de uma película líquida na superfície das folhas. As temperaturas elevadas favorecem a absorção e também a evaporação da solução na superfície das folhas, aumentando a concentração dos sais nutrientes, o que favorece a penetração de maior quantidade de íons no apoplasto. Em condições de campo, a aplicação foliar de elementos é feita, em geral, quando a umidade atmosférica é alta, como ocorre pela manhã devido à presença do orvalho (CAMARGO & SILVA, 2002; WÓJCIK, 2004).

## C) Luz

A energia luminosa é utilizada na absorção iônica, pelas células, e favorece também a translocação dos nutrientes. Por outro lado, a luz intensifica a produção da cera superficial da folha, aumentando a sua hidrorrepelência e dificultando a penetração das soluções aquosas. A influência da luz poderia também ser devido ao seu efeito na permeabilidade do plasmalema ou na promoção da abertura dos estômatos (MALAVOLTA, 1980).

## D) Composição da solução

Os elementos apresentam velocidades diferentes de absorção. Podem depender da forma em que estejam, por exemplo, a absorção de N amídico da uréia,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , é mais rápida que a do N nítrico. A alta velocidade da absorção da uréia pode provocar toxidez à planta devido à liberação de altas concentrações de amônia pela atividade da uréase da folha (MALAVOLTA, 1980; ROMHELP & EL-FOULY, 1999).

#### E) Disponibilidade de água no solo

A planta com boa disponibilidade de água mantém túrgidas as suas células e boa hidratação da cutícula, favorecendo a penetração foliar dos nutrientes. Quando a planta começa a murchar, a absorção foliar diminui drasticamente e por isso, não se deve fazer as pulverizações foliares nas horas quentes do dia, pois nesse período a planta entra no estágio de murchamento incipiente, resultante do excesso de perda de água por transpiração (CAMARGO & SILVA, 2002).

#### **2.4.3.2.2 Fatores internos**

##### A) Estrutura da folha

As cutículas finas, a alta frequência de estômatos, um número elevado de ectodesmas, o tecido de transfusão das bainhas nervurais formado de células de paredes delgadas, são fatores estruturais que favorecem a absorção de nutrientes, ao passo, que características contrárias, dificultariam a penetração das soluções nutrientes e a absorção das mesmas pelas folhas (WÓJCIK, 2004).

##### B) Composição química

As ceras e a cutina são de natureza lipoidal, embora possuam em certo grau, propriedades polares. Por isso, a penetração foliar de nutrientes em solução aquosa é tanto mais dificultada quanto maior a quantidade de ceras e de cutina presentes na cutícula. A composição química das ceras, ricas em compostos triterpenóides, são altamente hidrorrepelentes, ao passo que as ricas em ésteres são mais hidroafins, permitindo a molhabilidade da cutícula e a conseqüente penetração dos íons (CAMARGO & SILVA, 2002).

### C) Idade de folha

Na folhas jovens, a intensidade de absorção de nutrientes é mais ativa do que nas folhas adultas ou velhas. A resistência oferecida pelas folhas à penetração da solução parece resultar do desenvolvimento muito grande da cutícula e assim dificultaria a penetração de soluções aquosa. Além disso, as folhas novas estão em alta atividade metabólica, consumindo nutrientes nos seus processos de síntese de matéria orgânica e também a cutícula é mais fina e possui menor quantidade de ceras e cutina (MALAVOLTA, 1980; WÓJCIK, 2004).

### D) Estudo iônico interno

Com acontece no caso da absorção pelas raízes, a capacidade de absorção foliar, em iguais condições, pode ser limitada pela quantidade do elemento já contido nas folhas. Assim, sabe-se que as plantas deficientes em fósforo absorvem o elemento mais rapidamente do que as cultivadas em meio rico em fósforo (MALAVOLTA, 1980).

De acordo com Camargo & Silva (2002), há uma relação significativa entre a habilidade das folhas para absorver nutrientes minerais e o estágio de desenvolvimento da planta. Ou seja, a necessidade de absorver determinado elemento mineral depende do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra. E que a fertilização foliar de certos nutrientes tem se mostrado bastante eficiente quando aplicada no estágio em que há altas requisições deste nutriente.

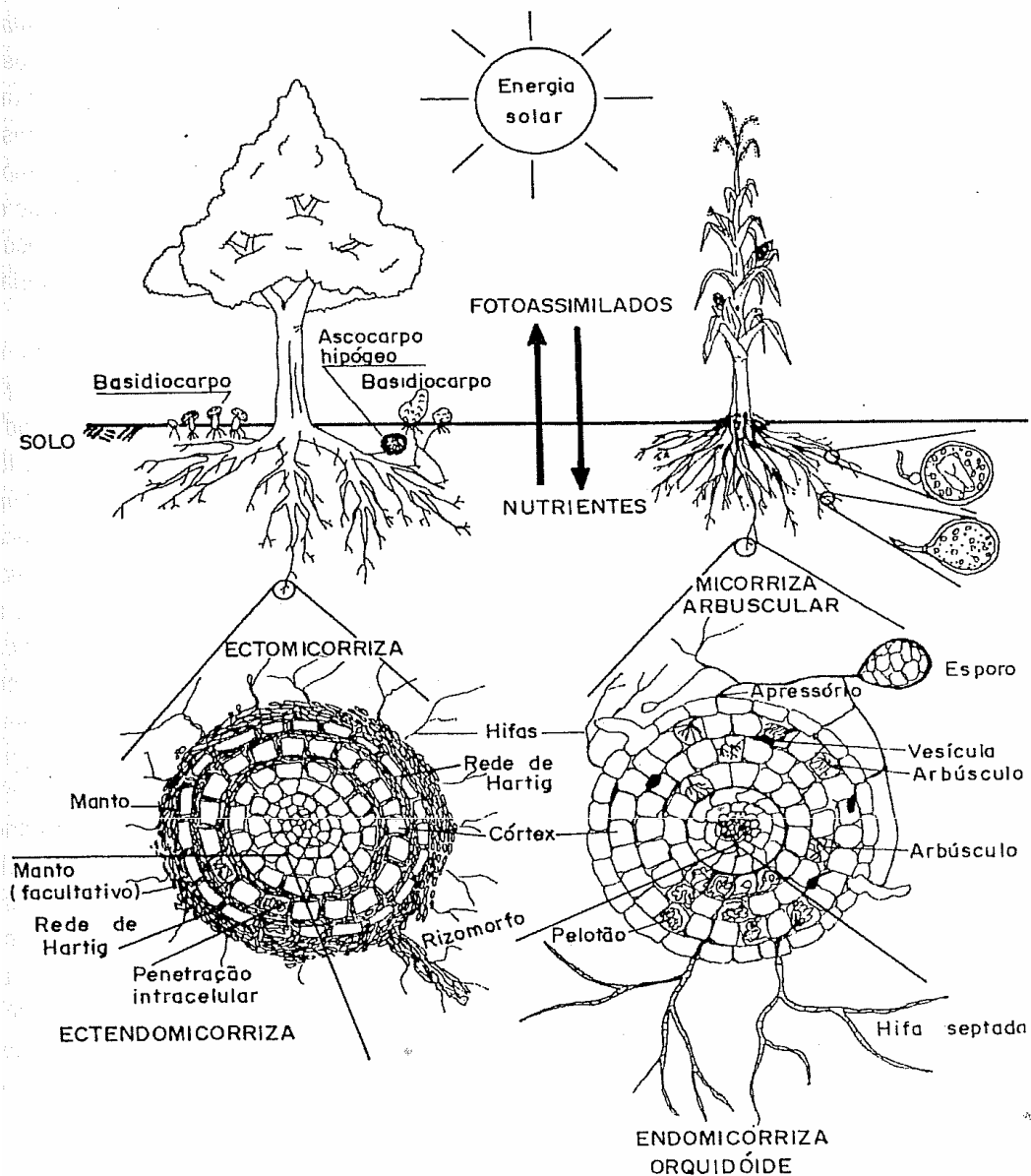
## 2.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

Em 1885, o botânico A. B. Frank apresentou trabalhos iniciais referentes à associação de determinados fungos do solo e raízes de árvores, sugerindo o termo micorríza, derivado do grego *mykorrhiza* que significa fungo-raiz (TRAPPE, 2005). A micorriza é uma associação mutualista não patogênica entre certos fungos do solo e as raízes da planta, um elo entre as raízes das plantas e a absorção de nutrientes do solo. Os fungos ajudam a planta a absorver água e nutrientes inorgânicos e, em troca, recebem compostos orgânicos produzidos pela planta (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; SIQUEIRA et al., 2002).

A evolução das micorrizas parece ter acontecido nos trópicos, mas sua ocorrência é generalizada nas plantas e nos diversos ecossistemas, sendo considerada uma simbiose universal. Há registros de associações micorrízicas entre 570 – 400 milhões de anos, entre os períodos Proterozóico e Fanerozóico (ALLEN, 1991; KOIDE & MOSSE, 2004). Neste período, as plantas encontraram um ambiente hostil, a matéria orgânica do solo era escassa em nutrientes e água e as raízes ainda estavam em processo de evolução. Logo, as plantas tiveram que escolher entre desenvolver meios delas próprias obterem os nutrientes e a água ou alterar as relações com os fungos parasitas que invadiram suas raízes rudimentares. Assim, o segundo caminho foi o de menor gasto energético, pois os fungos ocupavam o solo muito antes das plantas e dominavam as técnicas de obtenção de nutrientes e água (BRUNDRETT, 2002; REDECKER et al., 2000).

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios, pois completam seu ciclo de vida apenas se estiverem associados à uma planta hospedeira, a qual lhes fornece carboidratos e outros fatores necessários ao seu desenvolvimento e esporulação (SIQUEIRA et al., 1985). Essa aparente desvantagem da relação com a planta, no entanto, é compensada pela ausência de especificidade existente entre os FMAs e os hospedeiros. Normalmente, uma determinada espécie fúngica pode colonizar as raízes de vários hospedeiros entre as Angiospermas, Gimnospermas e Pteridófitas (TRAPPE, 2005).

De acordo com Siqueira & Franco (1988), conforme a anatomia das raízes colonizadas, as micorrizas são agrupadas como ectomicorrizas, ectendomicorrizas e endomicorrizas (Figura 2).



**Figura 2** – Representação esquemática da classificação das micorrizas conforme a anatomia das raízes colonizadas e suas principais características.

Fonte: Adaptado de Moreira & Siqueira (2002).



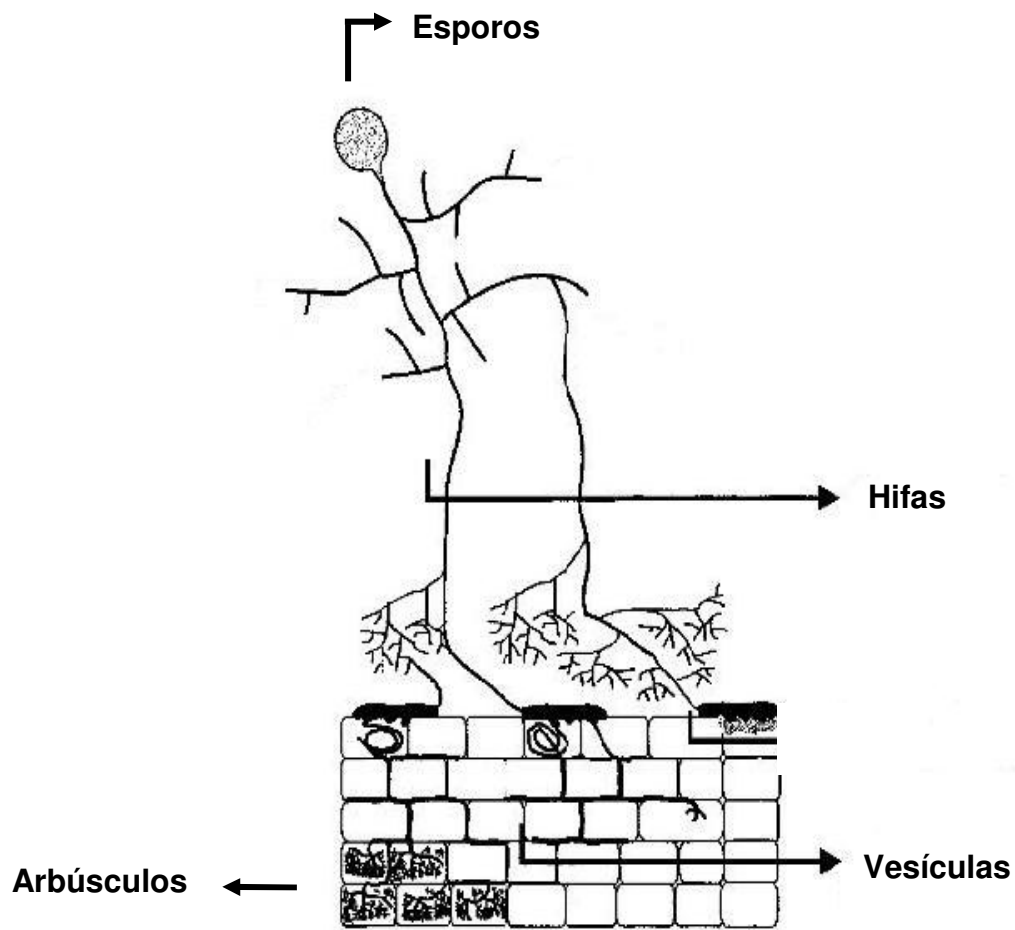
As ectomicorrizas são caracterizadas pela penetração apenas intercelular do córtex pelo micélio fúngico e formação da “Rede de Hartig”, no interior do córtex, e de manto, que se desenvolve ao redor dos segmentos das raízes colonizadas. A micorrização ocorre apenas nas raízes laterais ou absorventes, as quais sofrem modificações morfológicas muito acentuadas e visíveis a olho desarmado. As ectendomicorrizas são ectomicorrizas com penetração intracelular. A diferença entre ectomicorrizas e ectendomicorrizas é que a última apresenta rede de Hartig grossa e as hifas penetram no córtex da raiz intracelularmente, especialmente nas partes mais velhas da raiz. As ectendomicorrizas ocorrem principalmente em árvores de clima temperado como as coníferas (MARSCHNER, 1986; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; SIQUEIRA, 1994; SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

As endomicorrizas caracterizam-se pela ausência de manto, modificações morfológicas nas raízes e penetração inter e intracelular de manto externo. São de ocorrência generalizada e subdivididas em Ericóides, Orquidóides e Vesículo-arbusculares ou Arbusculares. As micorrizas ericóides são formadas por fungos da ordem Ascomycetes e ocorrem num grupo de plantas bem distribuído no mundo, destacando-se as da família Ericaceae. As micorrizas orquidóides são formadas por fungos Basidiomycetes septados que colonizam intracelularmente as raízes, formando enrolados de hifas típicos no interior das células (ALLEN, 1991; AMORIM et al., 2004; SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Ao contrário das ectomicorrizas, nas micorrizas vesículo-arbusculares não se verificam modificações anatômicas resultantes da invasão das raízes pelo fungo. Observações microscópicas mostram que o fungo penetra nas células corticais das raízes sem causar danos, fato também verificado nos outros tipos de micorrizas com penetração intracelular (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Os FMAs possuem os seguintes componentes: a raiz da planta hospedeira, as estruturas formadas no córtex radicular, arbúsculos e vesículas, e o micélio e esporos extra-radulares (Figura 3). As vesículas são estruturas globosas ou alongadas contendo grânulos de glicogênio e lipídios, são consideradas estruturas de estocagem dos fungos e podem ser formadas dentro ou fora das células do córtex. Os arbúsculos são as estruturas formadas pela intensa ramificação de hifas intracelulares e são

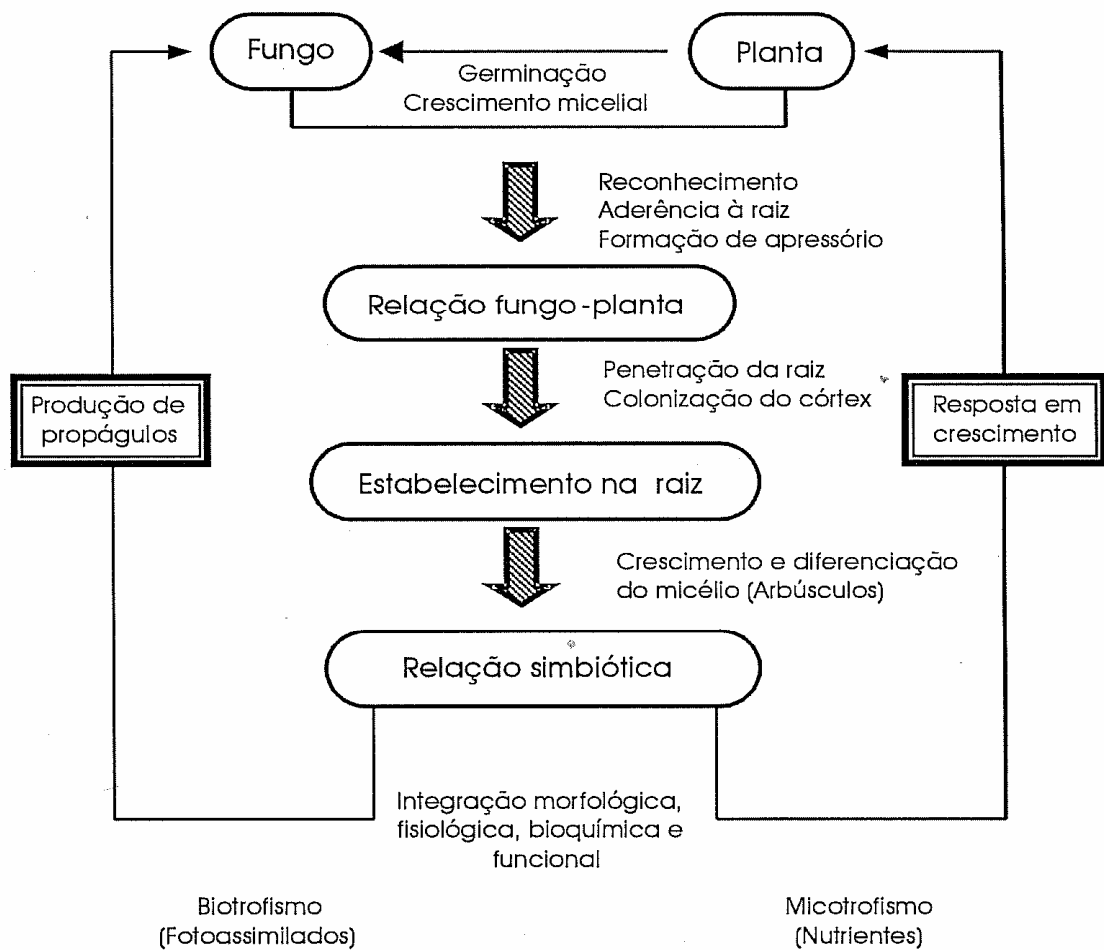
responsáveis pelas trocas de nutrientes entre os simbiontes. As hifas intra e extra-radulares são importantes como propágulos para iniciar nova colonização, para gerar novos esporos, para aquisição de nutrientes e podem favorecer a agregação do solo. O micélio extra-radicular forma uma rede ramificada que se estende no solo para a absorção de nutrientes e água (MARSCHNER, 1986; SIQUEIRA et al., 2002).



**Figura 3** - Formação da associação e os componentes e estruturas dos FMA: Esporos, Vesículas, Arbúsculos e Hifas.

Fonte: Adaptado de <[www.biology.duke.edu](http://www.biology.duke.edu)> Acesso em 12 abr. 2007.

O estabelecimento das micorrizas arbusculares resulta de uma seqüência de eventos coordenados pelo fungo e pela planta e suas interações, culminando com uma relação simbiótica caracterizada pela perfeita integração morfológica, bioquímica e funcional da associação, resumido na Figura 4.



**Figura 4** – Seqüência de eventos na formação das micorrizas arbusculares

Fonte: Adaptado de Moreira & Siqueira (2002).

A formação da associação se inicia na superfície da raiz, com a penetração resultante da combinação de pressão mecânica e degradação enzimática parcial da parede celular vegetal. A produção de enzimas hidrolíticas como pectinases, celulases e hemicelulases por FMAs tem sido estudada e pode ser essencial para o desenvolvimento da simbiose. A colonização intra-radicular é limitada aos tecidos externos à endoderme, e se dá pelo crescimento inter e intracelular das hifas (SIQUEIRA et al., 2002). As hifas aderem à superfície da raiz e formam um apressório, através do qual penetram as células da epiderme na zona de diferenciação e alongamento. A partir desse ponto, as hifas se espalham pelo córtex intercelularmente, através da lamela média, tornando-se posteriormente intracelulares quando formam as hifas enoveladas nas camadas mais externas do córtex (BEVER et al., 2001; SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Nesta associação ocorre uma íntima interação entre os parceiros, apresentando uma perfeita integração morfológica e fisiológica, resultando em uma alta compatibilidade funcional. A planta beneficia-se pelo aumento da absorção de água e nutrientes, principalmente de fósforo, melhora no estado nutricional da planta, melhor utilização e conservação de nutrientes no sistema, redução de perdas por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (desbalanço nutricional, déficit hídrico) e modificações fisiológicas e bioquímicas como maior taxa fotossintética e produção de raízes (BEVER et al., 2001; COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994; OLIVEIRA & TRINDADE, 2005; SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A simbiose micorrízica contribui, ainda, para a sobrevivência e crescimento das espécies, principalmente em ambientes estressantes (SIQUEIRA & SAGGIN-JUNIOR, 1995), onde as endomicorrizas arbusculares exercem grande influência na estruturação das comunidades vegetais (SIQUEIRA et al., 1994). Carneiro et al. (1994), trabalharam com solos degradados pela retirada de seus horizontes superficiais e verificaram que a inoculação com fungo endomicorrízicos favoreceu o crescimento da *Albizia lebbek* e *Senna multijuga*, aumentou o número de propágulos de endomicorrizas no solo e a nodulação na *Albizia lebbek*, demonstrando o efeito benéfico da simbiose para o desenvolvimento inicial de mudas.

Na Amazônia, onde predominam solos de baixa fertilidade e elevada acidez, o uso de grande quantidade de insumos agrícolas encarece a produção. Logo, uma alternativa para diminuir o uso de fertilizantes é proporcionar às plantas melhores condições de absorção de nutrientes do solo. Os FMAs se encaixam neste contexto, pois permitem que a planta aumente sua capacidade de absorção, com eficiente exploração do solo e tornando-as menos dependentes de adubos químicos e, ao mesmo tempo, proporcionando maior capacidade produtiva do solo (MILLER & JASTROW, 1992; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004).

Vários autores já registraram a colonização micorrízica natural em espécies amazônicas (ST. JOHN, 1980a; ST. JOHN, 1980b; ST. JOHN & MACHADO, 1978) e outros avaliaram sua contribuição para a nutrição de plantas (OLIVEIRA et al., 1999; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2003; OLIVEIRA & OLIVEIRA, 2004).

Bonetti & Navarro (1990) mostraram em seus estudos altas taxas de colonização micorrízica em frutíferas nativas em três solos da Amazônia. Nestes solos, o pH apresentou amplitude de variação de 3,7 a 5,1. Essas observações evidenciam tanto a influência exercida das características dos solos nas ocorrências dos fungos como o potencial desses em colonizarem as plantas em ambientes de acidez elevada.

Guitton (1996) dissertou sobre a ocorrência natural dos fungos micorrízicos arbusculares em oito espécies florestais nativas da Amazônia e observou taxas diferenciadas de colonização radicular entre as espécies, variação sazonal na quantidade de esporos e nos teores de macro e micronutrientes na rizosfera das plantas. Para a colonização radicular, os estudos indicaram ser a época menos chuvosa do ano, a mais favorável à germinação e colonização micorrízica das espécies. Por outro lado, Oliveira & Moreira (1998) e Oliveira et al., (1999) constataram correlações lineares significativas e positivas entre as variáveis umidade do solo e os fungos micorrízicos na rizosfera das plantas de cupuaçu, guaraná e pupunha.

Os estudos realizados com aceroleiras mostraram uma variação numérica de 29,83 % a 69,76 % de ocorrência de micorrizas arbusculares em seis meses. Os teores de P no solo aumentaram embora não significativamente e as taxas de colonizações micorrízicas também aumentaram nesse período. Sugerindo que há uma relação da taxa micorrízica e o teor de fósforo (COUTO, 2000).

Estes trabalhos comprovam os efeitos benéficos dos FMA em contribuir para o balanço de nutrientes nas plantas em condições de campo na Amazônia. Ressaltam, ainda, que a adaptação das plantas às condições ácidas e de baixa fertilidade dos solos está relacionada a alguns microrganismos do solo como os fungos micorrízicos. Contudo, para que esses fungos atuem de maneira positiva sobre a nutrição e o crescimento das plantas, torna-se necessário elucidar melhor os fatores limitantes à atividade desses microrganismos, bem como suas simbioses na região.

Além disso, o enfoque ecológico da produção agrícola visando sustentabilidade implica na redução da mecanização e do uso de agroquímicos, facilitando o emprego dos FMAs. A maior conscientização dos agricultores e da sociedade sobre a necessidade de preservação ambiental e conservação de recursos naturais amplia as oportunidades para tecnologias biológicas seguras, como os FMAs, que são aliados ancestrais das plantas no ambiente terrestre.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na Comunidade Rural do Brasileirinho (Figura 5), com duas espécies frutíferas: a aceroleira e o camucamuzeiro. A comunidade está situada na periferia do município de Manaus-AM, na estrada do Puraquequara, zona leste da cidade. As coordenadas geográficas da área são: 3° 01' 20" N e 59° 53' 45" L. O clima é o tropical úmido, tipo Afi, de acordo com a classificação de Köppen.

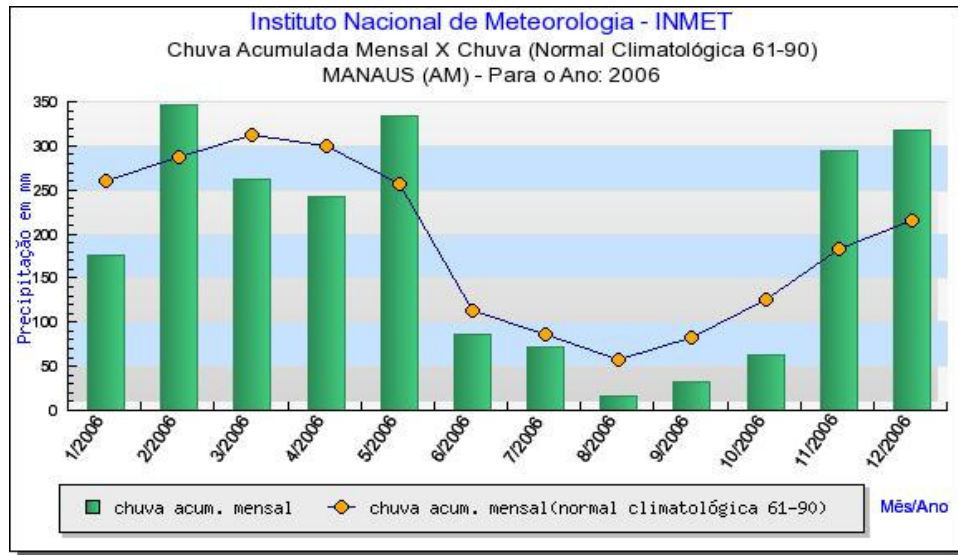


**Figura 5** – Imagem de satélite mostrando a cidade de Manaus - AM, a Reserva Adolpho Ducke, ao norte e a Comunidade Rural do Brasileirinho, ao leste.

Fonte: Google Maps (2007).

Durante o período estudado, a precipitação média anual foi de 2295 mm (Figura 6), com a menor precipitação ocorrendo no mês de agosto. A temperatura média anual foi de aproximadamente 28 °C (INMET, 2007). O solo predominante é o Latossolo Amarelo e suas características químicas estão descritas na Tabela 1.

As propriedades rurais da Comunidade do Brasileirinho caracterizam-se por apresentarem muitas espécies frutíferas, como araçá-boi, ingá, cupuaçu, pitanga, graviola, maracujá, abacaxi, siriguela, camu-camu, acerola, laranja, manga, e também espécies florestais, como pau-rosa, cedro, mogno e jatobá.



**Figura 6** – Índice de pluviosidade acumulada no município de Manaus – AM, no ano de 2006.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2007).

**Tabela 1** - Características químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com aceroleira e camucamuzeiro da Comunidade Rural do Brasileirinho, Manaus – Am. Ano de 2006.

<b>Acerola</b>											
<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>P</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
H <sub>2</sub> O	----- g.kg <sup>-1</sup> -----			----- cmol.c.kg <sup>-1</sup> -----				----- mg.kg <sup>-1</sup> -----			
5,9	115	38,8	2,3	5,2	0,9	0,3	0,2	203	23	7	12
<b>Camu-camu</b>											
5,1	65	56,0	3,6	3,0	0,9	0,3	0,8	127	19	12	12



### 3.2 Adubações Mineral, Orgânica e Foliar

Para a adubação orgânica, foram utilizados 1 L de esterco de galinha por planta. A quantidade de macro e micronutrientes contidos no adubo orgânico estão descritos nas Tabelas 2 e 3.

Para a adubação mineral foram usadas as seguintes doses dos componentes :

- 3 toneladas de calcário/ha;
- 150 kg  $P_2O_5$ /ha;
- 100 kg N/ha, e
- 100 kg KCl/ha.

Em cada cova foram colocados 675 g de calcário; 75 g  $P_2O_5$ ; 50 g uréia e 37,5 g KCl, totalizando 837,5 g de adubo químico para cada planta, o que chamamos de adubação inteira. Nos tratamentos com ½ adubação química será aplicada somente a metade de cada componente, totalizando 418,75 g.

Para a adubação foliar, as medidas das doses foram retiradas de acordo com as recomendações da embalagem do adubo foliar BiofertPlus, o qual possui a seguinte composição de macro e micronutrientes: N 86 %; P 9 %; K 9 %; Ca 1000 ppm; Mg 100 ppm; S 1000 ppm; Zn 500 ppm; Fe 1000 ppm; Cl 1000 ppm; Cu 500 ppm; B 200 ppm; Mn 200 ppm; Co 5 ppm e Mo 5 ppm. A quantidade recomendada pelo fabricante é de 10 ml em cada 1L. Após a diluição, a quantidade de 200 ml do adubo foliar foi borrifada em cada planta que incluía a adubação foliar no tratamento, equivalente a aproximadamente 40 segundos de jato chuveiro. O tempo de intervalo das doses foi planejado da seguinte forma: Dose 1 – 1 aplicação a cada 30 dias; Dose 2 - 1 aplicação a cada 15 dias e Dose 3 – 1 aplicação a cada 10 dias.

Os tratamentos para a cultura do camucamuzeiro e da aceroleira são descritos nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Foram calculadas as quantidades acumulativas aplicadas em cada tratamento no camucamuzeiro e na aceroleira (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

**Tabela 2** - Tratamentos da cultura do camucamuzeiro e suas respectivas quantidades.

Nº	TRATAMENTOS	QUANTIDADES
T1	Testemunha	-----
T2	Adubação orgânica	1 L de esterco de galinha
T3	Adubação química inteira	675 g de cal.+ 75 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50 g N + 37,5 g KCl =837,5 g
T4	½ adubação química	337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T5	Dose 1 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T6	Dose 2 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T7	Dose 3 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T8	Dose 1	200 mL*
T9	Dose 2	200 mL*
T10	Dose 3	200 mL*

**Tabela 3** - Tratamentos da cultura da aceroleira e suas respectivas quantidades.

Nº	TRATAMENTOS	QUANTIDADES
T1	Testemunha	-----
T2	Adubação orgânica	1 L de esterco de galinha
T3	Adubação química inteira	675 g de cal.+ 75 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50 g N + 37,5 g KCl =837,5 g
T4	Dose 1 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T5	Dose 2 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T6	Dose 3 + ½ adubação química	200 mL* + 337,5 g de cal.+37,5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +25 g N +18,75 g KCl =418,75 g
T7	Dose 1	200 mL*
T8	Dose 2	200 mL*
T9	Dose 3	200 mL*

\* Aplicação de 200 mL de adubo foliar por planta contendo 0,16 g de N; 0,18 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,18 g de K<sub>2</sub>O; 0,02 g de Ca; 0,02 g de Cl; 0,02 g de S; 0,02 g de Fe; 0,01 g de Cu; 0,01 g de Zn; 0,004 g de Mn; 0,0001 g de Co e 0,0001 g de Mo.

**Tabela 4** - Quantidade de macronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para o camucamuzeiro, durante três épocas de coleta no ano de 2006.

Tratamentos		Macronutrientes em Doses Acumulativas														
		Ca			Mg			K			P			N		
		08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11
g																
T1	Testemunha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	Adubação Orgânica	1,98	1,98	1,98	0,85	0,85	0,85	8,44	8,44	8,44	0,55	0,55	0,55	10,85	10,85	10,85
T3	Adubação Química Inteira	154	154	154	56,7	56,7	56,7	19,63	19,63	19,63	32,75	32,75	32,75	28	28	28
T4	½ Adubação Química	77	77	77	28,35	28,35	28,35	9,81	9,81	9,81	16,37	16,37	16,37	14	14	14
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	77,06	77,12	77,20	28,356	28,362	28,37	10,26	10,71	11,31	16,61	16,84	17,16	14,48	14,96	15,60
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	77,12	77,24	77,40	28,362	28,374	28,39	10,71	11,61	12,81	16,84	17,32	17,95	14,96	15,92	17,20
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	77,16	77,36	77,58	28,366	28,386	28,408	11,01	12,51	14,16	17,00	17,79	18,66	15,28	16,88	18,64
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	0,06	0,12	0,20	0,006	0,012	0,02	0,45	0,90	1,50	0,237	0,474	0,790	0,48	0,96	1,60
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	0,12	0,24	0,40	0,012	0,024	0,04	0,90	1,80	3,00	0,474	0,948	1,580	0,96	1,92	3,20
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	0,16	0,36	0,58	0,016	0,036	0,058	1,20	2,70	4,35	0,632	1,422	2,291	1,28	2,88	4,64

**Tabela 5** - Quantidade de micronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para o camucamuzeiro, durante três épocas de coleta no ano de 2006.

Tratamentos		Micronutrientes em Doses Acumulativas								
		Fe			Mn			Zn		
		08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11	08/04	15/07	07/11
mg										
T1	Testemunha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	Adubação Orgânica	15	15	15	17	17	17	17	17	17
T3	Adubação Química Inteira	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	½ Adubação Química	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	60	120	200	12	24	40	30	60	100
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	120	240	400	24	48	80	60	120	200
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	160	360	580	32	72	116	80	180	290
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	60	120	200	12	24	40	30	60	100
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	120	240	400	24	48	80	60	120	200
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	160	360	580	32	72	116	80	180	290

**Tabela 6** - Quantidade de macronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para a aceroleira, durante três épocas de coleta no ano de 2006.

Tratamentos		Macronutrientes em Doses Acumulativas														
		Ca			Mg			K			P			N		
		21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11
		g														
T1	Testemunha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	Adubação Orgânica	1,98	1,98	1,98	0,85	0,85	0,85	8,44	8,44	8,44	0,55	0,55	0,55	10,85	10,85	10,85
T3	Adubação Química Inteira	154	154	154	56,7	56,7	56,7	19,63	19,63	19,63	32,75	32,75	32,75	28	28	28
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	77,04	77,12	77,20	28,354	28,362	28,370	10,11	10,71	11,31	16,53	16,84	17,16	14,32	14,96	15,60
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	77,06	77,24	77,42	28,356	28,374	28,392	10,26	11,61	12,96	16,61	17,32	18,01	14,48	15,92	17,36
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	77,08	77,30	77,56	28,358	28,38	28,41	10,41	12,06	14,01	16,69	17,55	18,58	14,64	16,40	18,48
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	0,04	0,12	0,20	0,004	0,012	0,020	0,30	0,90	1,50	0,158	0,474	0,790	0,32	0,96	1,60
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	0,06	0,24	0,42	0,006	0,024	0,042	0,45	1,80	3,15	0,237	0,948	1,659	0,48	1,92	3,36
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	0,08	0,30	0,56	0,008	0,030	0,056	0,6	2,25	4,20	0,316	1,185	2,212	0,64	2,40	4,48

**Tabela 7** - Quantidade de micronutrientes adicionados por planta em doses acumulativas para a aceroleira, durante três épocas de coleta no ano de 2006.

Tratamentos		Micronutrientes em Doses Acumulativas								
		Fe			Mn			Zn		
		21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11	21/02	15/06	09/11
		mg								
T1	Testemunha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	Adubação Orgânica	15	15	15	17	17	17	17	17	17
T3	Adubação Química Inteira	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	40	120	200	8	24	40	20	60	100
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	60	240	420	12	48	84	30	120	210
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	80	300	560	16	60	112	40	150	280
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	40	120	200	8	24	40	20	60	100
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	60	240	420	12	48	84	30	120	210
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	80	300	560	16	60	112	40	150	280

### **3.3 Coleta do Material**

Foram coletadas amostras de folhas, solos e raízes das duas espécies analisadas. As folhas e os solos foram analisados durante 30 dias e as amostras de raízes, logo após a coleta, de 2 a 7 dias.

As amostras foliares foram coletadas dos quatro pontos cardeais da copa de cada arbusto e armazenadas em sacos de papel numerados e postas para secar na estufa a 65 °C por um período de 48 a 72 horas. Depois de secas e quebradiças, as folhas foram trituradas em moinho tipo Wiley, com 4 a 5 lâminas, de 1 mm de malha e armazenadas em sacos plásticos e armazenadas em local seco com ausência de umidade a fim de evitar fungos, para posterior análises químicas dos teores de macro e micronutrientes.

Para as análises dos macro e micronutrientes do solo, foram coletadas da rizosfera de cada planta amostras de solo, com profundidade de 0 a 20 cm, colocadas para secar em temperatura ambiente na casa de vegetação, a fim de impedir alterações químicas e biológicas. Depois de secas, as amostras foram limpas retirando as raízes e os fragmentos de carvão, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm de diâmetro, para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA), em seguida, armazenadas em sacos plásticos devidamente numerados.

Simultaneamente à coleta de solos, foram coletadas da rizosfera de cada planta amostras de solo para posterior quantificação dos esporos dos FMAs e visualização das estruturas fúngicas e, também, foram coletadas raízes finas para a análise dos FMAs, colocadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Microbiologia do Solo/INPA, para serem lavadas, cortadas, clarificada e coloridas, para posterior visualização das estruturas dos FMAs.

### **3.4 Análise do Material**

As determinações analíticas das amostras de solo e folhas foram efetuadas no Laboratório Temático de Análises de Plantas e Solos, localizado na Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônomicas do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, pelos métodos de análise em uso descritos em EMBRAPA (1999).

As amostras de folhas foram analisadas para os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn.

Os nutrientes P, K, Ca, Mg, Zn, Fe e Mn foram extraídos pelo método de Digestão Nitroperclórica, que dissolve todos os tecidos vegetais, liberando para a solução a quantidade total dos nutrientes da amostra. Após a oxidação do material vegetal, os elementos Ca, Mg e K foram diluídos em solução de óxido de lantânio e quantificados por espectrofotômetro de absorção atômica. Os elementos Fe, Zn e Mn foram determinados diretamente do extrato, por espectrofotometria de absorção atômica. O P digerido foi determinado por espectrofotômetro, através da leitura da intensidade da cor do complexo fósforo - molibdato, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico.

Para as amostras de solo e de folhas, o N foi determinado por Digestão Sulfúrica pelo Método Kjeldahl. Esse método fundamenta-se na conversão do N em sulfato de amônio por meio de uma digestão com a solução de sulfato de cobre, ácido sulfúrico e selenito de sódio. Posteriormente, em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido da matéria orgânica libera amônia ( $\text{NH}^+4$ ), o qual em câmara difusa é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto. Finalmente, o N foi determinado por acidimetria (ácido sulfúrico ou clorídrico) através da destilação.

As amostras de solo foram analisadas para as seguintes variáveis: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Al, C, pH e teor de matéria orgânica.

Os nutrientes Ca, Mg e Al foram extraídos por solução de KCl 1N e determinados por espectrofotômetro de absorção atômica. Os nutrientes P, K, Fe, Zn e Mn foram extraídos por solução extratora de Mehlich I, também chamada de solução de duplo-ácido, constituída de ácido clorídrico e ácido sulfúrico. Em seguida foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. O nutriente P foi determinado por espectrofotômetro, através da leitura da intensidade da cor do complexo fósforo - molibdato, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico. A determinação do C orgânico foi realizada pelo Método Walkley & Black, e tem como princípio a oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e em

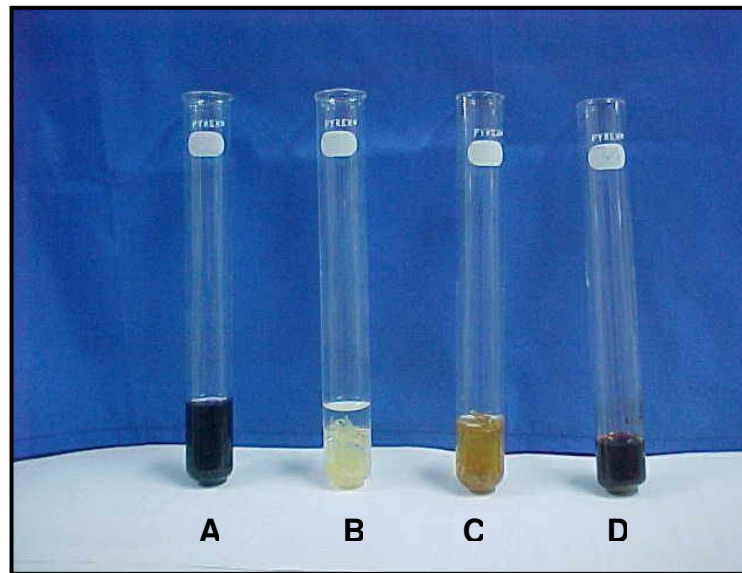
seguido é quantificado por titulação com sulfato ferroso. A determinação do pH foi feito em água na proporção de 1: 2,5 ml.

### **3.5 Análises de fungos micorrízicos arbusculares nas raízes**

As análises de colonização micorrízica foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Solos da Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas do INPA, logo depois de cada coleta (2 – 7 dias após a coleta).

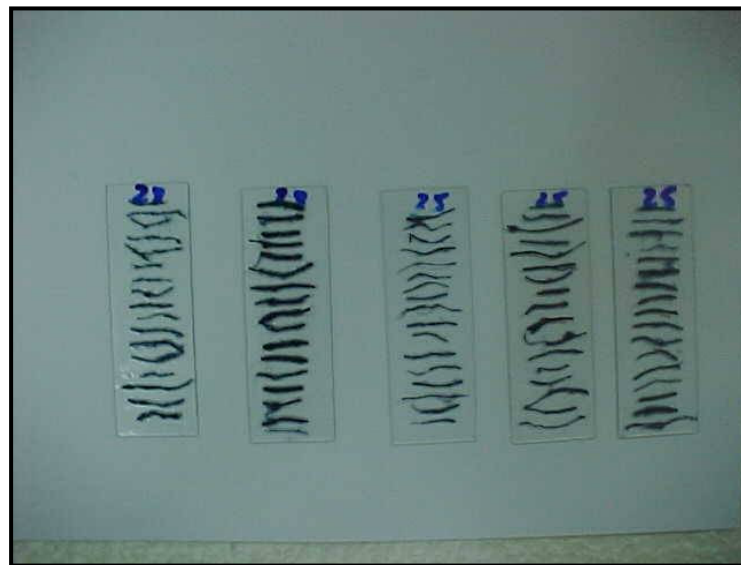
Para a determinação do percentual de micorrização, foram escolhidos 50 pedaços de 1 cm das raízes mais finas que foram submetidas ao processo de clarificação e coloração descrito por Kormanick et al. (1980). Este processo consiste no aquecimento das raízes em solução de hidróxido de potássio (KOH) à concentração de 10 %, em banho-maria, a 90 °C por uma hora, lavagem com água para a retirada do excesso do reagente, embebida em água oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - vol.30) por 30 minutos, lavagem novamente e imersão em ácido clorídrico (HCl), à concentração de 3 %, por 3 minutos, nova lavagem em água e aquecimento em banho-maria a 90 °C por uma hora com o corante Tryphlan Blue (Figura 7).

Uma vez concluído esse processo, foram feitas cinco lâminas (Figura 8) para cada tratamento contendo aproximadamente dez segmentos cada e, posteriormente observadas em microscópio, buscando a visualização das estruturas dos FMAs: hifas, vesículas e arbúsculos no tecido cortical das raízes das espécies em estudo.



**Figura 7** – Seqüência do processo de clarificação e coloração: (A) - Hidróxido de potássio (KOH) à concentração de 10 %; (B) - Água oxigenada ( $H_2O_2$  - vol.30); (C) - Ácido clorídrico (HCl) à concentração de 3 % e (D) - Corante Tryphlan Blue.

Fonte: F.W.Moreira (2004).



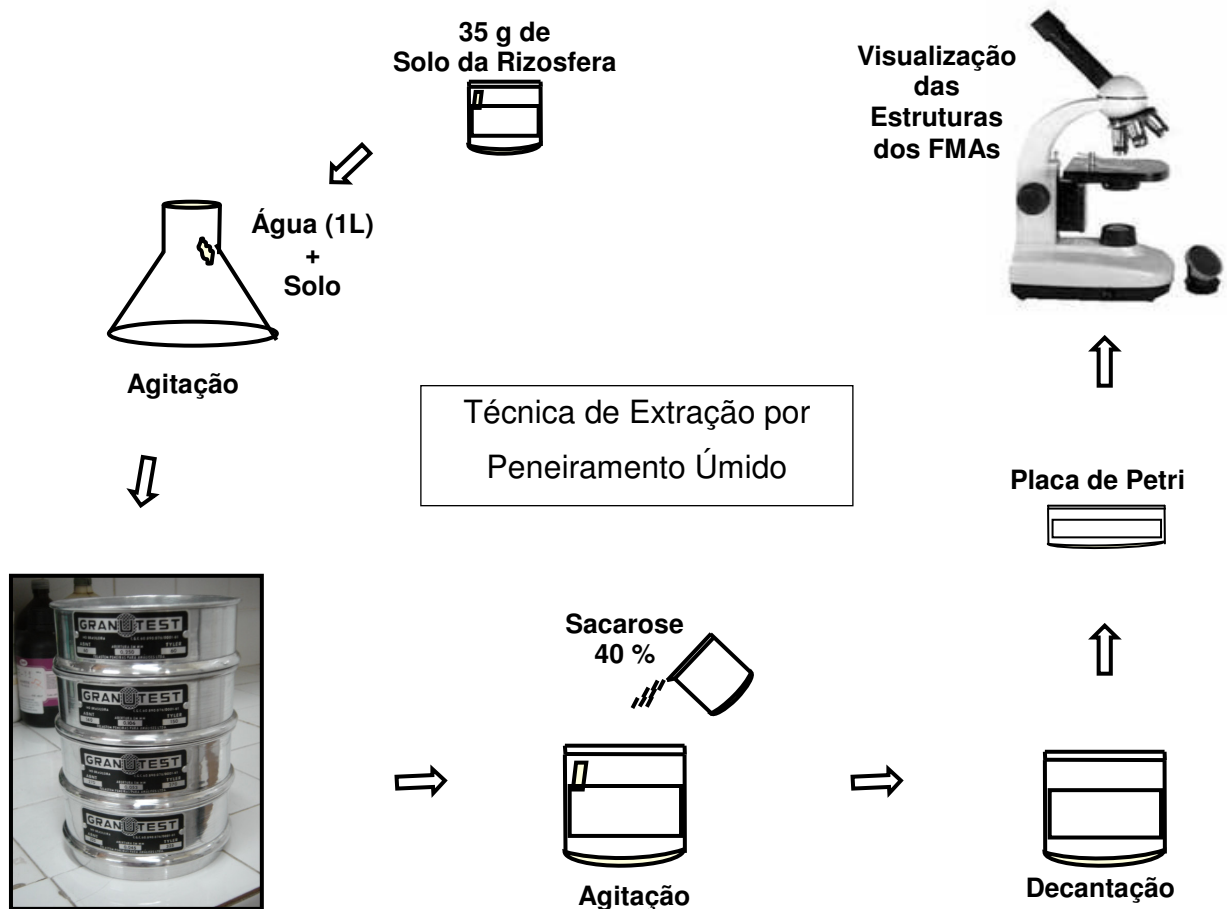
**Figura 8** – Lâminas com segmentos de raízes, coradas com o produto Tryphlan Blue, para a visualização das estruturas dos FMAs.

Fonte: F.W.Moreira (2004).



### 3.6 Análise dos esporos

Cerca de 35 g de solo da rizosfera de cada planta foram usadas para a contagem do número de esporos micorrízicos segundo a técnica de extração por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963; Schenck & Nicolson, 1982), utilizando-se peneiras com aberturas de 0,250 mm, 0,106 mm, 0,053 mm e 0,044 mm, seguido de decantação em sacarose (40 %). Após a extração, a contagem dos esporos foi realizada com auxílio de uma lupa, com aumentos de 1,5 e 4x (Figura 9).



**Figura 9** – Técnica de extração de esporos dos FMA's por peneiramento úmido, utilizando solução de sacarose à concentração de 40 % e peneiras de diferentes diâmetros (0,250; 0,105; 0,053 e 0,044 mm).  
Fonte: Modificado de Gerdemann & Nicolson (1963).

### 3.7 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Para ambas as culturas, o delineamento experimental foi em blocos casualizados. A população de camucamuzeiro foi dividida em três blocos (bloco1, bloco2 e bloco3). De cada bloco foram sorteadas três plantas para cada tratamento. Como são dez tratamentos, foram sorteadas 30 plantas de cada bloco, totalizando 90 plantas de camu-camu no experimento. Para a cultura da acerola, foram sorteadas cinco plantas para cada tratamento, com um total de 45 plantas. O aspecto da área onde estão os experimentos de acerola e de camu-camu pode ser observado nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

Os dados foram submetidos à análise de variância, com significância de 5 % de probabilidade pelo teste “F”, em experimento com parcelas subdivididas, em que foram utilizadas as épocas de coleta, os tratamentos e o número de repetições. As comparações entre as médias foram feitas pelo Teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Para a estatística dos dados, os programas utilizados foram o Assistat 7.4 e Statistica 7.1.

Realizaram-se as correlações, segundo Gomez & Gomez (1984), entre as taxas de colonização radicular (variável independente) e os teores de macro e micronutrientes (variável dependente) nas folhas de cada uma das espécies, para verificar se a interação planta-fungo influenciou na absorção de nutrientes pelas plantas. As correlações foram analisadas de forma pontual por planta, usando a regressão linear simples. Para isso, correlacionou-se os teores de nutrientes das folhas de cada espécie com a colonização radicular, observada no mesmo período de coleta.



**Figura 10** – Instalação do experimento de aceroleira (*Malphigia puniceifolia* L.)  
Fonte: T. Esashika (2006)



**Figura 11** – Instalação do experimento de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh)  
Fonte: T. Esashika (2006)

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Teores de nutrientes foliares em tratamentos envolvendo as Adubações Orgânica, Química e Foliar em Acerola (*Malphigia puniceifolia* L.).

Houve variação significativa entre os tratamentos quanto aos teores de cálcio nas folhas da aceroleira (Tabela 8). Ao analisar as médias dos tratamentos, observou-se que todos, exceto os tratamentos T7 e T8, proporcionaram os maiores teores de cálcio foliar em relação à testemunha. As maiores médias foram as das plantas adubadas com os tratamentos T2, T3, T4 e T6, onde se procedeu a adubação no solo.

**Tabela 8** - Médias dos teores foliares de cálcio nos tratamentos aplicados em plantas de acerola (*Malphigia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

		Cálcio			
		Épocas de Coleta			
Tratamentos		21/02/06	15/06/06	09/11/06	Médias
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	9,16a A	9,07a A	8,59a D	8,94c
T2	Adubação Orgânica	14,48b A	16,30b A	32,60a AB	21,12a
T3	Adubação Química Inteira	10,00b A	19,99b A	31,15a AB	20,38a
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	9,04b A	14,69b A	40,37a A	21,37a
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	9,50b A	14,50b A	33,88a AB	19,29ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	9,77b A	16,87b A	34,76a AB	20,46a
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	9,69a A	12,65a A	14,11a CD	12,15bc
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	7,79b A	16,49ab A	22,41a BC	15,56abc
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	8,44b A	17,30b A	30,77a AB	18,83ab
Médias		9,76b	15,32b	27,63a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 12,61) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 10,17) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Ao analisar as médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente, demonstrando que com o tempo, as adubações favoreceram a absorção de cálcio pelas plantas. No entanto, apenas na terceira época registrou-se diferença estatística entre os tratamentos. Nesse caso, todas as plantas adubadas, exceto as do tratamento T7, apresentaram teores de cálcio

significativamente superiores em comparação às plantas não adubadas. As plantas com os maiores teores de cálcio foram as adubadas com o tratamento T4, porém sem diferir dos níveis observados para os tratamentos T2, T3, T5, T6 e T9.

Os tratamentos T2, T3, T4 e T6 consistiram de adubação orgânica, adubação química inteira, adubação foliar (dose 1) + adubação química e de adubação foliar (dose 3) + adubação química, respectivamente. A quantidade de 1,98 g de cálcio aplicada por meio da adubação orgânica proporcionou um teor foliar equivalente ao das plantas que receberam 154 g do nutriente por meio da adubação química inteira, e ao das plantas que receberam 77,56 g de cálcio pela combinação de adubação foliar e adubação química (Tabela 6). A quantidade de cálcio contida no esterco de galinha (1,98 g) foi suficiente para promover o teor adequado ( $21,12 \text{ g.kg}^{-1}$ ) do qual a planta necessita. Aliado a isso, o esterco tem a capacidade de diminuir a perda de cálcio, magnésio e potássio do solo (MELLO & FERNANDES, 2000), aumentando as oportunidades da planta em absorvê-lo (CORRÊA et al., 2002b).

Lima et al. (2002), estudando os efeitos da composição de substrato orgânico nos teores foliares de nutrientes em mudas de aceroleira, constataram aumentos nos teores foliares de cálcio.

Segundo Bataglia & Santos (2001), os teores de cálcio observados nesse estudo encontram-se na faixa adequada ( $15 \text{ a } 25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) para o bom desenvolvimento da acerola em todos os tratamentos, com exceção da testemunha (T1) ( $8,94 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e do tratamento T7 ( $12,15 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Lima et al. (2006) estudando mudas de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) adubadas com húmus, encontraram níveis de concentração de cálcio na faixa de  $6 \text{ a } 26 \text{ g.kg}^{-1}$ . Esses valores condizem com os encontrados por Fernandez et al. (2000), de  $16,4 \text{ g.kg}^{-1}$  de cálcio, em mudas cultivadas em solução nutritiva. Esses estudos confirmam os resultados obtidos no presente estudo.

Com relação aos teores de magnésio, observou-se uma variação significativa entre os tratamentos e as épocas de coleta. Ocorreu uma interação significativa entre esses dois fatores (Tabela 9).

A quantidade de 56,7 g de magnésio aplicada por meio da adubação química inteira (Tabela 6) proporcionou o maior teor desse nutriente no tratamento T3 (Tabela 9), porém, não diferindo das plantas adubadas com os tratamentos T2, T4, T5 e T6, os

quais receberam 0,85 g; 28,37 g; 28,39 g e 28,41 g de magnésio, respectivamente (Tabela 6).

**Tabela 9** - Médias dos teores foliares de magnésio nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Magnésio			Médias
		21/02/06	Épocas de Coleta		
			15/06/06	09/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	3,20a A	3,54a BCD	3,47a B	3,40c
T2	Adubação Orgânica	3,70b A	5,00b ABC	9,51a A	6,07ab
T3	Adubação Química Inteira	3,09c A	5,80b A	11,37a A	6,75a
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	2,98c A	5,70b A	9,82a A	6,17ab
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	3,06c A	5,23b AB	9,97a A	6,08ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	2,88c A	5,01b ABC	10,15a A	6,01ab
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	2,79a A	2,95a CD	3,50a B	3,08c
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	2,73b A	3,23ab BCD	4,95a B	3,64c
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	2,97b A	2,71b D	10,77a A	5,48b
Média		3,04c	4,35b	8,17a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 2,08) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 1,76) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Nos tratamentos T7 e T8, não houve um aumento significativo em relação à testemunha (T1), indicando que as doses aplicadas via adubo foliar não foram suficientes para promover esse aumento. Ao analisar as médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente, demonstrando que, com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas (Tabela 9). Com relação à interação dos tratamentos dentro das épocas de coleta, na segunda e terceira épocas, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos. Para ambas as coletas, o tratamento T3 proporcionou os maiores teores foliares de magnésio. Para a segunda coleta, o maior incremento não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T2, T4, T5, T6 e para a terceira coleta, dos tratamentos T2, T4, T5, T6 e T9.

Segundo Bataglia & Santos (2001), os teores foliares adequados variam entre 1,5 a 2,5 g.kg<sup>-1</sup> de magnésio, sugerindo que os teores encontrados nessa pesquisa estão acima dos mencionados pelo autor.

A adubação química favoreceu o acúmulo de magnésio nas folhas de aceroleira, contrariando o estudo de Lima et al. (2002), no qual os teores foliares de magnésio aumentaram com a adição de húmus de minhoca e esterco de galinha.

Quanto aos teores de potássio, houve variação significativa entre os tratamentos, épocas de coleta e entre esses dois fatores (Tabela 10). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todos, exceto o tratamento T7, aumentaram estatisticamente os teores de potássio em relação ao não adubado. As maiores médias de potássio foram registradas nas plantas adubadas com o tratamento T3, mas não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

**Tabela 10** - Médias dos teores foliares de potássio nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Potássio			Médias
		Épocas de Coleta			
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	2,32a A	2,31a B	2,31a B	2,32b
T2	Adubação Orgânica	4,56b A	6,07b AB	17,64a A	9,42a
T3	Adubação Química Inteira	3,29c A	10,87b A	16,40a A	10,19a
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	2,32b A	5,84b AB	13,66a A	7,27a
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	2,58b A	5,14b AB	15,27a A	7,66a
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	2,91b A	6,73b AB	13,09a A	7,58a
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	1,76a A	2,60a B	3,30a B	2,55b
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	2,41b A	2,51b B	16,12a A	7,01a
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	2,12b A	2,34b B	17,76a A	7,04a
Média		2,69b	4,93b	12,84a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 6,31) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 5,04) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A quantidade de 3,15 g de potássio (Tabela 6), aplicada por meio da adubação foliar (uma dose a cada 15 dias), proporcionou teores foliares equivalentes aos encontrados em todos os tratamentos, com exceção do tratamento T7. Nesse sentido, a

aplicação foliar foi eficiente em relação à quantidade de produto, pois apenas 3,15 g de potássio do adubo foliar proporcionou incremento equivalente à quantidade aplicada de 19,63 g de potássio através da adubação química.

Ao analisar as médias das épocas de coleta, registrou-se que os teores aumentaram significativamente ao longo das coletas, demonstrando que com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas (Tabela 10). No entanto, na segunda e na terceira coletas observou-se diferença estatística entre as épocas de coleta. Na segunda coleta, as plantas com maiores teores de potássio foram as adubadas com o tratamento T3, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T2, T4, T5 e T6. Já na terceira coleta, as plantas com maiores teores de potássio foram as adubadas com o tratamento T9, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T8.

Os valores de potássio obtidos neste trabalho, até a segunda coleta, estão abaixo da faixa considerada adequada para um bom desenvolvimento da acerola (Bataglia & Santos, 2001). Nem mesmo o maior teor médio ( $10,19 \text{ g.kg}^{-1}$ ) encontrado no tratamento T3, que consistiu de adubação química, alcançou os níveis adequados, que variam de 15 a  $20 \text{ g.kg}^{-1}$ . Na terceira coleta foi possível observar que as plantas de alguns tratamentos atingiram teores foliares superiores a  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  de potássio (Tabela 10), sugerindo que estavam adequadamente adubadas com esse nutriente. O maior valor numérico foi alcançado pelas plantas do tratamento T9 (Tabela 10), indicando que a adubação foliar pode ser apropriada para a aceroleira.

Lima et al. (2006) mencionam o valor de  $40 \text{ g.kg}^{-1}$  de potássio em mudas de acerola. Esse teor é compatível com o obtido por Fernandez et al. (2000), com cerca de  $41,6 \text{ g.kg}^{-1}$ , em mudas de acerola cultivadas em solução nutritiva, e por Amaral (1998) em plantas com dois anos no campo. Oliveira et al. (2002) avaliaram o crescimento e absorção de nutrientes por mudas de acerola, e os teores encontrados quanto ao potássio estão bem acima dos encontrados nesta pesquisa.

Em um experimento com acerola utilizando plantas adubadas com N, P, K, houve efeito significativo para os tratamentos que incluíam doses de potássio. Os



parâmetros diâmetro do caule, largura da copa e altura de planta apresentaram bons resultados através do excelente crescimento das plantas (SENA & VELOSO, 2004).

Houve variação significativa entre os tratamentos quanto aos teores de fósforo nas folhas da aceroleira (Tabela 11). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todos, exceto o tratamento T7, resultaram em teores de fósforo maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas. As maiores médias foram as das plantas adubadas com os tratamentos T2, T3, T6 e T9.

**Tabela 11** - Médias dos teores foliares de fósforo nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

		Fósforo			
Tratamentos		Épocas de Coleta			Médias
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	0,91a A	0,92a B	0,88a C	0,90c
T2	Adubação Orgânica	1,06b A	1,12b AB	2,73a AB	1,64a
T3	Adubação Química Inteira	0,95b A	1,90a A	2,44a AB	1,76a
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	0,83b A	1,18b AB	2,28a B	1,43ab
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	0,83b A	1,17b AB	2,28a B	1,42ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	0,77c A	1,70b AB	2,32a B	1,60a
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	0,97a A	1,13a AB	1,20a C	1,10bc
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	0,80b A	0,91b B	2,77a AB	1,49ab
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	0,76b A	0,98b B	3,13a A	1,63a
Média		0,88c	1,22b	2,22a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 0,79) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 0,59) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Ao avaliar as médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente com as coletas, demonstrando que, com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas.

Na segunda e terceira épocas observou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 11). Na segunda época, as plantas com maiores teores de fósforo foram as adubadas com o tratamento T3, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T2, T4, T5, T6 e T7. Na terceira época de coleta, as plantas com maiores teores de fósforo foram as adubadas com o tratamento

T9, que não diferiu estatisticamente dos incrementos observados nas plantas dos tratamentos T2, T3 e T8.

A quantidade de 0,55 g de fósforo (Tabela 6), aplicada através da adubação orgânica, proporcionou teores foliares equivalentes aos teores das plantas adubadas com a maior quantidade de fósforo ( 32,75 g no tratamento T3). Segundo Malavolta et al. (2000), o adubo orgânico retarda a fixação do fósforo e de outros nutrientes, o que assegura por mais tempo as formas disponíveis para as raízes.

De acordo com Bataglia & Santos (2001), os teores de fósforo encontrados nessa pesquisa estão um pouco acima da faixa de teores adequados para a acerola, que variam de 0,8 a 1,2 g.kg<sup>-1</sup> e condizentes com os obtidos por Lima et al. (2006), (1,8 g.kg<sup>-1</sup>), Fernandez et al. (2000), (1,4 g.kg<sup>-1</sup>) e Amaral (1998), (1,9 g.kg<sup>-1</sup>), porém bem acima dos mencionados por Corrêa et al. (2002b), de 0,09 g.kg<sup>-1</sup>.

Em mudas de acerola, os incrementos encontrados por Oliveira et al. (2002) confirmam os teores de fósforo nessa pesquisa, e melhoraram os parâmetros avaliados como altura e peso da matéria seca.

Corrêa et al. (2002a) avaliaram as diferentes doses de fósforo e zinco em mudas de acerola, onde só houve respostas significativas nas doses de fósforo e na interação para as aplicações de fósforo e zinco. Observou também que, sem a aplicação de fósforo e zinco se obteve o menor valor de massa seca e com a dose de 300 mg de fósforo dm<sup>-3</sup> e 5 mg de zinco dm<sup>-3</sup>, houve a maior produção de raízes. Logo, a adição de fósforo pode melhorar o desenvolvimento das mudas de aceroleiras, em solos deficientes desse elemento.

Com relação ao nitrogênio, houve variação significativa entre os tratamentos e épocas de coleta (Tabela 12). Ao se analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todos, exceto os tratamentos T7 e T8, resultaram em teores de nitrogênio maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas (testemunha, T1). As maiores médias foram as das plantas adubadas com os tratamentos T2, T3 e T9.

Ao analisar as médias das épocas de coletas, notou-se que os teores aumentaram significativamente, demonstrando que com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas (Tabela 12).

A quantidade de 4,48 g de nitrogênio (Tabela 6), aplicada através da adubação foliar (uma dose a cada dez dias), proporcionou teores foliares equivalentes aos teores registrados na presença de 10,85 g de nitrogênio (adubação orgânica) e 28 g de nitrogênio (adubação química). Esse fato demonstra que a adubação foliar foi eficaz para o nitrogênio nas folhas. Além disso, as aplicações em intervalos menores também favoreceram para o aumento no teor de nitrogênio, já que em intervalos de 30 e 15 dias de aplicação, os teores foliares se igualaram estatisticamente aos do tratamento testemunha.

**Tabela 12** - Médias dos teores foliares de nitrogênio nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

		Nitrogênio			
Tratamentos		Épocas de Coleta			Médias
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	23	23	24	23bc
T2	Adubação Orgânica	23	26	37	29a
T3	Adubação Química Inteira	24	31	34	30a
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	27	27	30	28ab
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	24	27	31	27ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	24	28	30	27ab
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	20	21	29	23bc
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	19	20	27	22c
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	23	31	34	29a
Média		23b	26b	30a	

As médias com letras minúsculas iguais não (DMS = 5,11) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

De acordo com Lima et al. (2002), a absorção e assimilação de nitrogênio pelas plantas de acerola tornam-se mais eficientes com a adição de húmus e esterco de galinha. Além disso, o esterco de galinha é rico em nitrogênio, contribuindo satisfatoriamente para a manutenção de teores elevados de nitrogênio nos tecidos das plantas.

Lima et al. (2006) avaliaram o teor de nitrogênio nas mudas de acerola e observaram teores que variaram de 19 a 33,4 g.kg<sup>-1</sup> nas folhas. Esses valores são

condizentes com os mencionados por Fernandez et al. (2000), (27,2 g.kg<sup>-1</sup>) e com os obtidos no presente estudo.

Nos tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T9, os teores de nitrogênio estão acima da faixa mínima adequada (20 - 24 g.kg<sup>-1</sup>), segundo Bataglia & Santos (2001), para o bom desenvolvimento da cultura da acerola. Batista et al. (2003) avaliaram as respostas da aceroleira aos nutrientes N, P, K em Latossolo Amarelo no Pará e os resultados indicaram que o efeito significativo para os parâmetros avaliados foi atribuído às doses de nitrogênio, principalmente.

Quanto aos teores foliares de ferro, verificou-se variação significativa entre os diferentes tratamentos, épocas de coleta e interação entre os dois fatores (Tabela 13). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todas resultaram em teores de ferro maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas.

**Tabela 13** - Médias dos teores foliares de ferro nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Ferro			Médias
		Épocas de Coleta			
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		mg.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	35a A	36a D	35a C	35c
T2	Adubação Orgânica	34b A	47b CD	74a AB	52b
T3	Adubação Química Inteira	39b A	54b ABCD	89a AB	60ab
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	41b A	52b BCD	93a A	62ab
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	39b A	52b BCD	88a AB	59ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	49b A	61b ABC	84a AB	64a
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	41b A	70a AB	72a B	61ab
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	40b A	68a AB	84a AB	64a
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	43b A	72a A	82a AB	66a
Média		40c	57b	78a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 19,37) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 18,82) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Nas médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente, demonstrando que, com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas. Na segunda e terceira épocas, observou-se

diferenças estatísticas entre os tratamentos. Em ambas as coletas, todas as plantas adubadas foram significativamente superiores aos teores de ferro encontrados nas plantas não adubadas (testemunha, T1). Na segunda época, as plantas com maiores teores de ferro foram as adubadas com o tratamento T9, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T3, T6, T7 e T8. Já na terceira época, as plantas com maiores teores de ferro foram as adubadas com o tratamento T4, que não diferiu estatisticamente dos teores encontrados nas plantas dos tratamentos T2, T3, T5, T6, T8 e T9.

As quantidades de 420 mg e 560 mg de ferro (Tabela 7), aplicadas via adubação foliar em intervalos de 15 e 30 dias, respectivamente, proporcionaram teores foliares equivalentes aos encontrados nas plantas adubadas com o tratamento combinado de adubação foliar e adubação química (T6). Observa-se claramente que a adubação foliar foi efetiva para a absorção do ferro, pois o maior teor foi constatado no tratamento que continha somente a adubação foliar com doses de intervalo a cada dez dias. Esse fato corrobora com Andreu et al. (2005), que afirmam que a aplicação foliar realmente se torna mais efetiva para os micronutrientes. Em regiões produtoras de acerola, as deficiências de ferro são corrigidas por pulverização de soluções contendo ferro e outros compostos solúveis (MELGAR, 2005).

Segundo Bataglia & Santos (2001) e Yamada (2004), os teores de ferro encontrados nessa cultura estão na faixa adequada ( $50 - 100 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) para o bom crescimento da acerola, com exceção do tratamento testemunha.

Quanto aos teores foliares de manganês, verificou-se variação estatística significativa nos tratamentos, épocas de coleta e na interação entre tratamentos e épocas (Tabela 14). Ao se analisar as médias dos tratamentos, observa-se que, somente os tratamentos T6 e T8 resultaram em teores de manganês maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas.

Nas médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente da primeira para a segunda coleta, e em seguida, os teores diminuíram, igualando-se estatisticamente aos teores da primeira coleta (Tabela 14). No entanto, apenas na segunda época observou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos. Nesse caso, todas as plantas adubadas apresentaram teores de

manganês significativamente superiores aos encontrados nas plantas não adubadas. Nessa época, as plantas com maiores teores de manganês foram as adubadas com os tratamentos T6, T8 e T9, que não diferiram estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T3, T4, T5, T7.

**Tabela 14** - Médias dos teores foliares de manganês nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Manganês			Médias
		Épocas de Coleta			
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		mg.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	32a A	30a C	28a A	30b
T2	Adubação Orgânica	46a A	33a BC	50a A	43ab
T3	Adubação Química Inteira	37ab A	54a ABC	31b A	41ab
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	30b A	56a ABC	33b A	40ab
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	35b A	62a AB	28b A	42ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	37b A	80a A	28b A	48a
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	30b A	54a ABC	23b A	36ab
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	33b A	76a A	36b A	48a
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	23b A	80a A	28b A	44ab
Média		34b	58a	32b	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 30,51) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 22,78) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A quantidade de 84 mg.kg<sup>-1</sup> de manganês (Tabela 7) aplicada através da adubação foliar proporcionou teores equivalentes aos das plantas que receberam uma combinação de adubo foliar e adubação química, manifestando a eficácia da aplicação desse micronutriente através de fertilizantes foliares.

Segundo Bataglia & Santos (2001) e Yamada (2004), a faixa adequada de manganês para o bom desenvolvimento da acerola está entre 15 – 50 g.kg<sup>-1</sup> de manganês. Os teores encontrados nesse experimento estão condizentes aos citados pelos autores, e avaliam uma boa resposta das plantas aos diferentes tratamentos e doses de adubos.

O manganês é um elemento de baixa mobilidade na folha e a sua distribuição para os outros órgãos da planta é lenta, isso pode explicar sua alta concentração nas folhas (ROMHELD & EL-FOULY, 1999).

Houve variação significativa entre os tratamentos quanto aos teores de zinco nas folhas da aceroleira (Tabela 15). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que somente os tratamentos T7 e T9 resultaram em teores de zinco maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas.

**Tabela 15** - Médias dos teores foliares de zinco nos tratamentos aplicados em acerola (*Malpighia puniceifolia* L.), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Zinco			Médias
		Épocas de Coleta			
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		----- mg.kg <sup>-1</sup> -----			
T1	Testemunha	23a A	24a BCD	20a A	23ab
T2	Adubação Orgânica	26a A	20a D	23a A	23ab
T3	Adubação Química Inteira	24a A	30a BCD	24a A	26ab
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	20a A	21a CD	20a A	20b
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	22a A	23a CD	23a A	23ab
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	24a A	27a BCD	19a A	23ab
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	24b A	36a AB	24b A	28a
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	23b A	33a ABC	23b A	26ab
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	19b A	43a A	23b A	28a
Média		23b	28a	22b	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 12,26) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 9,51) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Ao analisar as médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente da primeira para a segunda coleta, e diminuíram da segunda para a terceira coleta. No entanto, apenas na segunda época observou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos. Nesse caso, todas as plantas adubadas, exceto as dos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6, apresentaram teores de zinco significativamente superiores aos encontrados nas plantas não adubadas. Nessa época, as plantas com maiores teores de zinco foram as adubadas com o tratamento

T9, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas dos tratamentos T7 e T8.

A quantidade de 280 mg de zinco (Tabela 7), aplicada via adubação foliar (uma dose a cada 10 dias) proporcionou teores foliares equivalentes aos encontrados nas plantas que receberam 100 mg de zinco por meio da adubação foliar (uma dose a cada 30 dias). Esse resultado confirma a eficácia de pequenas quantidades de adubo foliar através da imediata disponibilidade dos nutrientes para a planta. De acordo com Andreu et al. (2005), em cultivos de acerola, os melhores resultados são obtidos quando se utiliza a aplicação foliar de ferro e zinco como suplemento da fertilização pelo solo. Para Yamada (2004), os teores foliares adequados de zinco estão entre 30 – 50 g.kg<sup>-1</sup>. Logo, os valores encontrados nesse estudo estão um pouco abaixo da faixa propícia para um ótimo desenvolvimento da acerola.

Corrêa et al. (2002c) analisaram mudas de acerola e encontraram o teor de 35,57 mg.kg<sup>-1</sup> de zinco. Esses valores estão de acordo com os teores considerados adequados por Yamada (2004), mas abaixo dos obtidos por Oliveira et al. (2002), que mencionam valores entre 56,60 a 196,50 g.kg<sup>-1</sup> de zinco nas folhas de mudas de aceroleira.

De acordo com Wallace et al. (1978), o fósforo pode aumentar a absorção de zinco pelas plantas, mas a interação só é negativa em condições de alta concentração de fósforo no meio, e baixa concentração de zinco. Essa afirmação poderia explicar o baixo incremento de zinco limitado pela alta concentração de fósforo nas folhas. A interação entre os nutrientes fósforo e zinco afetou positivamente os acúmulos de cobre, ferro e manganês na matéria seca de folhas de aceroleira (OLIVEIRA et al., 2002).



#### 4.1.1 Considerações Gerais

Na Região Amazônica, as pesquisas sobre a acerola relacionadas à adubação sofrem uma carência de informações sobre o manejo dessa cultura. Essas informações são importantes para a pesquisa e para os pequenos produtores rurais que têm essa espécie como fontes de renda familiar. Além disso, a maioria das pesquisas que existem sobre a acerola objetivam o melhoramento da produção de mudas e são realizados, geralmente, em ambiente controlado, ou seja, em condições de vegetação. Há pouquíssimos trabalhos em condição de campo, com exceção de Amaral (1998), que avaliou plantas de aceroleira com 120 dias em ambiente de campo.

Os tratamentos que consistiram de adubação química proporcionaram as maiores médias para os macronutrientes Mg, P, K e N. Para o Ca, o tratamento que consistia da combinação de adubação foliar e adubação química proporcionou o maior teor desse elemento nas folhas de acerola.

A aplicação de 560 mg de Fe, 280 mg de Zn e 84 mg de Mn, via adubação foliar, proporcionou as maiores médias para esses micronutrientes. Desse modo, observa-se que a adubação foliar foi eficiente para a complementação dos micronutrientes. Além disso, a adubação tem efeitos muito positivos no crescimento e no rendimento, pois se obtêm respostas rápidas das plantas, há uma melhor absorção dos nutrientes e durante etapas específicas do crescimento da planta, existem requerimentos mais altos de determinados nutrientes e a aplicação foliar é uma técnica para suprir as necessidades das plantas em curto período de tempo.

A seqüência de nutrientes acumulados nos tecidos foliares da aceroleira apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes:  $N > Ca > K > Mg > P$ , sendo essa seqüência igual à citada por Bataglia & Santos (2001) e diferente da citada por EMBRAPA (2006), que mostra a seguinte seqüência:  $K > N > Ca > P > Mg$ .

Com relação ao acúmulo de micronutrientes, verificou-se que apresentam a seguinte seqüência decrescente:  $Fe > Mn > Zn$ . Essa seqüência difere da encontrada por Bataglia & Santos (2001) e EMBRAPA (2006), os quais apresentam a seguinte seqüência:  $Fe > Zn > Mn$ .

A adubação química afetou positivamente o acúmulo de teores foliares dos macronutrientes avaliados nesse estudo, assim, pode-se concluir que a aplicação do adubo químico seria uma alternativa para suprir a necessidade de alguns macronutrientes da aceroleira, principalmente potássio e nitrogênio, nutrientes mais exigidos pela cultura. O potássio é o elemento extraído em maior quantidade pelos frutos, seguido do nitrogênio e cálcio, evidenciando a importância desses elementos na nutrição da acerola. O início da produção a partir do segundo ano após o plantio e a possibilidade de produzir até seis safras anuais contribuem para conceituar a espécie como exigente em nutrientes (ARAÚJO & MINAMI, 1994; GONZAGA NETO & SOARES, 1994).

A adubação orgânica contribuiu para o acúmulo de teor de cálcio, pois promoveu teores foliares iguais estatisticamente aos teores das plantas adubadas com adubo químico. Portanto, o adubo orgânico poderia ser uma alternativa viável no lugar dos insumos químicos com relação ao macronutriente cálcio.

Para os micronutrientes, a adubação foliar contribuiu de forma afetiva para o acúmulo de Fe, Zn e Mn na aceroleira, sendo uma alternativa eficaz e de baixo custo para o agricultor de pequenas propriedades rurais. Os nutrientes aplicados via foliar são rapidamente absorvidos pelas folhas das plantas, corrigindo as deficiências ou evitando que as mesmas se manifestem e as plantas absorvem cerca de 90 % do adubo, sendo que uns elementos são mais assimiláveis que outros. Enquanto isso, o adubo colocado no substrato perde cerca de 50 % de sua eficiência, devido a alguns fatores como lixiviação e erosão do solo (BOARETTO & MURAOKA, 1995; CAMARGO & SILVA, 2002; O'DELL, 2003; WÓJCIK, 2004).

#### 4.2 Teores de nutrientes foliares em tratamentos envolvendo as Adubações Orgânica, Química e Foliar em Camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh).

Houve variação significativa somente nas médias dos tratamentos quanto aos teores foliares de cálcio e magnésio (Tabela 16). Os teores de cálcio nas plantas do tratamento T2 foram estatisticamente superiores às plantas do tratamento T5 e T6, porém sem diferir dos demais tratamentos, inclusive das plantas do tratamento testemunha. Quanto ao magnésio, o tratamento T2 resultou em teores maiores do que os encontrados nas plantas não adubadas, mas sem diferir dos demais.

**Tabela 16** - Médias dos teores foliares dos macronutrientes cálcio e magnésio nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Teores Foliares dos Macronutrientes Ca e Mg			
Tratamentos	g.kg <sup>-1</sup>		
	Ca	Mg	
T1	Testemunha	5,81 ab	1,11 b
T2	Adubação Orgânica	9,90 a	2,69 a
T3	Adubação Química Inteira	7,10 ab	1,42 ab
T4	½ Adubação Química	6,65 ab	1,21 b
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	5,37 b	1,62 ab
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	5,64 b	1,78 ab
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	6,37 ab	1,51 ab
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	5,85 ab	1,35 ab
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	6,17 ab	1,37 ab
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	7,29 ab	1,58 ab
Média		6,61	1,56

As médias com letras minúsculas iguais não (DMS Ca = 4,23; DMS Mg = 1,41) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A quantidade de 1,98 g de cálcio e 0,85 g de magnésio (Tabela 4), aplicada via adubação orgânica, proporcionaram o maior incremento, ambos no tratamento T2. Esse resultado demonstra que as plantas responderam com eficácia ao adubo orgânico tanto

para o acúmulo de cálcio como para o de magnésio. A adubação orgânica tem a capacidade de diminuir a perda de cálcio e magnésio pelas lavagens do solo, contribuindo para o maior acúmulo e melhor absorção desses pela planta (MALAVOLTA et al., 2000; MELLO & FERNANDES, 2000).

Viéguas et al. (2004b) avaliaram os efeitos da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. Nesse estudo, os autores reportaram um teor de  $10,87 \text{ g.kg}^{-1}$  de cálcio, o qual está ligeiramente acima do encontrado nesta pesquisa e dentro da faixa de teores adequados para o camucamuzeiro definidos por Viéguas et al. (2004a). Gavinho (2005), estudando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos do camu-camu em condições de terra-firme, registrou teores que variaram de  $5,70$  a  $8,36 \text{ g.kg}^{-1}$  de cálcio, teores esses dentro da faixa adequada para o camu-camu (Viéguas et al., 2004a) e do observado no presente trabalho.

Diante dos teores observados, constata-se que as concentrações de cálcio estão inferiores às mencionadas por Viéguas et al. (2004a), o qual cita que, a faixa de teores adequados de cálcio para plantas de camu-camu está entre  $9,9$  a  $11,7 \text{ g.kg}^{-1}$ , com exceção do tratamento T2, que proporcionou o valor do incremento ( $9,90 \text{ g.kg}^{-1}$ ) no limite da faixa de teores adequados para a cultura. Nesse caso, os níveis de concentração de cálcio podem não satisfazer as exigências nutricionais do camu-camu.

Os teores foliares adequados de cálcio para a goiabeira, mesma família do camucamuzeiro, variam de  $9$  a  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  (Bataglia & Santos, 2001; Malavolta et al., 1997). Esses teores estão dentro da faixa adequada para o camu-camu (Viéguas et al., 2004a) e acima dos teores anotados no presente estudo.

Para o nutriente magnésio, o maior teor foi encontrado no tratamento T2, que consistiu de adubação orgânica e o menor teor no tratamento testemunha (T1). Segundo Viéguas et al. (2004a), os teores adequados para o magnésio estão entre  $1,4$  a  $3,6 \text{ g.kg}^{-1}$ . Logo, o tratamento testemunha (T1) ( $1,11 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e o tratamento T3 ( $1,21 \text{ g.kg}^{-1}$ ) são os únicos tratamentos que estão ligeiramente fora da faixa adequada para o camu-camu. Em uma segunda pesquisa, Viéguas et al. (2004b) mencionam o valor de  $2,17 \text{ g.kg}^{-1}$  de magnésio, valor este acima dos encontrados nessa pesquisa e dentro da faixa de teores adequados para o camu-camu.

Castro & Yuyama (2004) avaliaram o efeito da adubação orgânica e mineral sobre o desenvolvimento de mudas de camucamuzeiro e verificaram que a aplicação de 86 g de esterco parcelada em duas vezes (43 g cada), com intervalo de 30 dias, favorece o desenvolvimento das mudas, ao contrário da adubação mineral, que não proporcionou um bom desenvolvimento das mudas.

Os teores médios de magnésio nas folhas de camu-camu foram inferiores aos valores adequados para a goiabeira, mesma família do camucamuzeiro (Bataglia & Santos, 2001), os quais variam de 2,4 a 4,0 g.kg<sup>-1</sup> de magnésio. Somente os teores das plantas do tratamento T2 (2,69 g.kg<sup>-1</sup>) alcançaram a média dos teores adequados para a goiaba.

Salvador et al. (1999a), em estudos sobre os efeitos da omissão combinada de alguns macronutrientes na goiabeira, mencionam o teor de 3,01 g.kg<sup>-1</sup> de magnésio, valor esse duas vezes maior do mencionado nesta pesquisa para o camu-camu, e de acordo com a faixa de médias foliares ideais para o bom desenvolvimento da goiabeira.

A distribuição de um nutriente dentro da folha e sua translocação para fora da folha depende da mobilidade do nutriente no floema e xilema. O cálcio é um elemento de baixa mobilidade dentro da folha, ou seja, ele não se transloca da parte aérea para as outras partes da planta, como as raízes, com a mesma facilidade do manganês, que é absorvido e transportado para partes da planta que exigem alta demanda (ROMHELD & EL-FOULY, 1999).

Quanto ao nutriente fósforo, houve variação significativa entre os tratamentos, épocas de coleta e também entre esses dois fatores (Tabela 17). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todas resultaram em teores de fósforo maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas. As maiores médias foram as das plantas adubadas com os tratamentos T3 e T10, não diferindo estatisticamente dos tratamentos T2 e T7.

Ao analisar as médias das épocas de coletas, observou-se que os teores aumentaram significativamente da primeira para a segunda coleta, e da segunda para a terceira coleta, houve um decréscimo de quase 400 % em relação ao teor de fósforo. Possivelmente, o maior teor de fósforo na segunda época de coleta deve-se à maior exigência desse elemento na frutificação, já que nessa época, as plantas estavam no

começo da frutificação. No entanto, apenas na segunda época observou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos. Nesse caso, todas as plantas adubadas foram significativamente superiores aos teores de fósforo encontrados nas plantas não adubadas. Nessa época, as plantas com maiores teores de fósforo foram as adubadas com os tratamentos T3 e T10, que não diferiram estatisticamente dos teores observados nas plantas do tratamento T2.

**Tabela 17** - Médias dos teores foliares de fósforo nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Fósforo			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	0,72a A	0,71a F	0,71a A	0,72e
T2	Adubação Orgânica	0,89b A	4,99a AB	1,16b A	2,35ab
T3	Adubação Química Inteira	0,69b A	5,81a A	1,20b A	2,57a
T4	½ Adubação Química	0,61b A	3,24a DE	1,17b A	1,67cd
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	0,76b A	3,16a DE	1,11b A	1,67cd
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	0,70b A	3,88a BCD	1,13b A	1,90bcd
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	0,77b A	4,58a BC	1,14b A	2,16 abc
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	0,69b A	2,50a E	1,12b A	1,43d
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	0,63b A	3,64a CD	1,03b A	1,77bcd
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	0,74b A	6,10a A	1,10b A	2,65a
Média		0,72c	3,86a	1,09b	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 1,12) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 0,78) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os tratamentos T3 e T10 consistiram de adubação química inteira e de adubação foliar (dose 3), respectivamente. A quantidade de 2,291 g de fósforo aplicada por meio da adubação foliar proporcionou um teor foliar equivalente ao das plantas que receberam 32,75 g através da adubação química inteira (Tabela 4). Nesse caso, a aplicação de fósforo via adubação foliar foi mais eficiente do que a aplicação via solo, isso porque o elemento pode ficar indisponível para as plantas devido à sua reação, principalmente com o alumínio (SANCHEZ & UEHRARA, 1986). Além disso, segundo Volkweiss (1991), o fósforo, quando aplicado via foliar, é incorporado nos tecidos das

folhas jovens e se distribui das folhas para as outras partes da planta pelo xilema e floema, conseqüência da sua alta mobilidade a fim de ser utilizado pela planta com maior rapidez.

Segundo Viégas et al. (2004a), os teores adequados para o camu-camu estão entre 1,2 a 1,9 g.kg<sup>-1</sup> de P. Os valores encontrados nesta pesquisa estão dentro ou acima desta faixa de teores adequados e somente os teores das plantas do tratamento testemunha (T1) encontram-se na faixa deficiente.

Os valores de fósforo encontrados nesta pesquisa são compatíveis com os encontrados por Viégas et al. (2004b) em mudas de camu-camu e também com os teores considerados adequados para a goiabeira (MALAVOLTA et al., 1997; NATALE et al., 1996).

Villachica (1996) sugere que o cultivo do camu-camu é mais susceptível à deficiência de fósforo e de potássio quando cultivado em solos ácidos com níveis baixos de disponibilidade de nutrientes, características dos solos da Amazônia, como os Latossolos e Argilossolos.

Gavinho (2005), avaliando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos de camu-camu em diferentes tipos de adubos foliares, encontrou níveis similares (1,38 a 1,42 g.kg<sup>-1</sup> de P) com os do presente trabalho, também em solos de terra firme da Amazônia. Natale et al. (2001) e Thomaz et al. (2004) documentaram valores de fósforo entre 1,5 a 1,7 g.kg<sup>-1</sup> em goiabeiras e camucamuzeiros, concordando com os níveis encontrados nessa pesquisa. Salvador et al. (1998), analisando a deficiência nutricional em mudas de goiabeira, observaram uma concentração de fósforo de 0,70 g.kg<sup>-1</sup>. Esse teor está abaixo do anotado no presente estudo. Entre as importantes funções exercidas pelo fósforo, o relevante papel na síntese de proteínas determina que sua carência se reflita no menor crescimento vegetal, visto que esse é essencial para a fotossíntese, respiração, transferência de genes e reprodução (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1986).

Quanto aos teores de potássio, verificou-se variação significativa somente nas médias dos tratamentos e nas épocas de coleta (Tabela 18). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todos os tratamentos apresentaram médias ligeiramente

superiores ao da testemunha, com destaque para o tratamento T2, que continha somente a adubação orgânica.

Ao analisar as médias das épocas de coletas, notou-se que os teores aumentaram significativamente, demonstrando que com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas (Tabela 18).

**Tabela 18** - Médias dos teores foliares de potássio nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Potássio			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	4,09	4,09	4,11	4,10b
T2	Adubação Orgânica	3,79	8,20	13,19	8,39a
T3	Adubação Química Inteira	3,77	7,23	7,04	6,01ab
T4	½ Adubação Química	3,88	6,62	7,64	6,05ab
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	4,13	6,64	7,87	6,21ab
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	3,97	6,91	6,35	5,74ab
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	3,80	7,46	8,76	6,67ab
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	3,74	4,40	7,33	5,20b
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	3,59	7,26	7,19	6,01ab
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	3,54	8,54	6,12	6,07ab
Média		3,83b	6,73ab	7,56a	

As médias com letras minúsculas iguais não (DMS = 3,21) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A quantidade de 8,44 g (Tabela 4) de potássio aplicada por meio da adubação orgânica (T2) proporcionou os maiores valores médios do elemento nas folhas do camu-camu. Mello & Fernandes (2000) mencionam que o adubo orgânico tem a capacidade de diminuir a perda de potássio pelas lavagens do solo, além de liberar nutrientes para as plantas e facilitar sua absorção.

Os teores foliares adequados de potássio para o camu-camu variam entre 5,2 a 6,0 g.kg<sup>-1</sup> (VIÉGAS et al., 2004a). Com exceção do tratamento testemunha, todos os outros resultaram em valores considerados adequados para a cultura do camu-camu. Em mudas de camucamuzeiro, o teor de potássio encontrado por Viégas et al. (2004b)



foi de  $5,60 \text{ g.kg}^{-1}$ , próximo à faixa encontrada neste trabalho e dentro da considerada adequada para a cultura do camucamuzeiro (Viégas et al., 2004a). Os teores adequados para a goiabeira, variam entre 13 a  $16 \text{ g.kg}^{-1}$ , acima dos incrementos do camucamuzeiro (BATAGLIA & SANTOS, 2001). Salvador et al. (1998) encontraram teores próximos de  $4,87 \text{ g.kg}^{-1}$  de potássio em mudas de goiabeira, em um experimento de deficiência nutricional decorrente da omissão de dois macronutrientes. Esses teores estão abaixo dos citados por Bataglia & Santos (2001). A importância do potássio para a goiabeira se baseia principalmente no fato de ser considerado o nutriente mais exportado pelos frutos (NATALE et al., 1994).

Gavinho (2005), avaliando os efeitos da adubação foliar na produção de frutos de camu-camu em diferentes tipos de adubos foliares, encontrou incrementos que variaram entre 7,02 a  $7,13 \text{ g.kg}^{-1}$  de potássio, um pouco acima dos teores citados por Viégas et al. (2004a) ( $5,2$  a  $6,0 \text{ g.kg}^{-1}$ ), e dos observados no presente estudo.

Quanto ao nitrogênio, não houve variação significativa entre os tratamentos, havendo, porém entre as épocas de coleta (Tabela 19), com os teores aumentando significativamente da primeira para a segunda coleta. Observou-se também que nenhum dos tratamentos aplicados, inclusive o tratamento T3, com a quantidade de 28 g de nitrogênio aplicada (Tabela 4), não proporcionou variação significativa nos teores foliares das plantas de camucamuzeiro.

Segundo Viégas et al. (2004b), os teores foliares adequados para o camu-camu estão entre  $16,2$  a  $18,2 \text{ g.kg}^{-1}$  de nitrogênio, concordando com os observados nesse trabalho. Os valores obtidos neste estudo também são semelhantes aos observados por Thomaz et al. (2004) e Viégas et al. (2004b), com o teor absoluto de nitrogênio de  $17,7 \text{ g.kg}^{-1}$  nas folhas de mudas de camucamuzeiro, em ambas as pesquisas. Gavinho (2005), avaliando camucamuzeiros em condições de terra-firme, encontrou teores similares à presente pesquisa, com teores que variaram entre  $16,33$  a  $17,30 \text{ g.kg}^{-1}$  de nitrogênio, dependendo do adubo foliar utilizado.

Os teores adequados de nitrogênio para a goiabeira variam de 13 a  $16 \text{ g.kg}^{-1}$  (BATAGLIA & SANTOS, 2001), bem próximos aos encontrados para o camu-camu neste trabalho. Malavolta et al. (1997) consideram níveis adequados em torno de  $30 \text{ g.kg}^{-1}$  de nitrogênio, quase o dobro dos encontrados no camucamuzeiro.

Em experimento de deficiência nutricional com mudas de goiabeira, o teor foliar de nitrogênio encontrado foi de 7,90 g.kg<sup>-1</sup> (SALVADOR et al., 1998), abaixo dos encontrados nesta pesquisa e dos adequados citados por Bataglia & Santos (2001).

O nitrogênio é um nutriente que possui alta mobilidade, assim como o fósforo e o potássio. Quando o nutriente móvel é aplicado, principalmente nas folhas jovens, a maioria desse nutriente é incorporado aos tecidos das folhas e, conseqüentemente, há uma maior absorção radicular devido ao melhor crescimento e fotossíntese das folhas (CAMARGO & SILVA, 2002; VOLKWEISS, 1991).

**Tabela 19** - Médias dos teores foliares de nitrogênio nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Nitrogênio			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		g.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	14	15	15	15a
T2	Adubação Orgânica	14	15	17	15a
T3	Adubação Química Inteira	13	17	18	16a
T4	½ Adubação Química	12	17	18	16a
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	14	20	19	17a
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	12	18	16	15a
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	13	17	17	15a
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	14	17	18	16a
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	13	17	13	15a
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	14	15	16	15a
Média		13b	17a	17a	

As médias com letras minúsculas iguais não (DMS = 3,97) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Quanto aos teores foliares de ferro, houve variação significativa entre os tratamentos, épocas de coleta e entre esses dois fatores (Tabela 20). Ao analisar as médias dos tratamentos, observa-se que todos resultaram em teores de ferro maiores estatisticamente do que os encontrados nas plantas não adubadas. O tratamento T10 proporcionou o maior teor foliar de ferro, porém não diferindo dos tratamentos T2, T6 e T9.

Ao observar as médias das épocas de coletas, notou-se que os teores aumentaram significativamente da primeira para a segunda coleta, e da segunda para a terceira coleta permaneceram estáveis, demonstrando que com o tempo, as adubações favoreceram a absorção desse elemento pelas plantas. No entanto, apenas na segunda época ocorreu-se diferença estatística entre os tratamentos. Nesse caso, todas as plantas adubadas apresentaram teores de ferro significativamente superiores aos encontrados nas plantas não adubadas. Nessa época, as plantas com maiores teores de ferro foram as adubadas com o tratamento T10, que não diferiu estatisticamente dos teores observados nas plantas do tratamento T9.

**Tabela 20** - Médias dos teores foliares de ferro nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Ferro			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		----- mg.kg <sup>-1</sup> -----			
T1	Testemunha	46a A	45a E	46a B	46c
T2	Adubação Orgânica	52b A	83a BC	74a A	70ab
T3	Adubação Química Inteira	47b A	78a BCD	73a A	66b
T4	½ Adubação Química	52b A	55b DE	84a A	64b
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	54b A	65ab CDE	78a A	65b
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	52b A	78a BCD	79a A	70ab
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	36b A	80a BC	73a A	63b
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	46b A	73a CD	76a A	65b
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	46c A	97a AB	73b A	72ab
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	51c A	120a A	77b A	83a
Média		48b	77a	73a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 23,82) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 21,27) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O maior incremento de ferro foi constatado no tratamento T10, constituído de adubação foliar (uma dose a cada dez dias), proporcionado pela quantidade aplicada de 580 mg de ferro (Tabela 5), demonstrando que o adubo foliar aplicado em intervalos menores de tempo influenciou no maior acúmulo de ferro nas folhas do camucamuzeiro.

Em adição, há pesquisas relatando que a aplicação foliar de fertilizantes promove a absorção de nutrientes pelas raízes, mas não se pode tornar essa afirmação generalizada, porque isso depende da mobilidade dos nutrientes aplicados na planta e do sítio de aplicação dos mesmos (ROMHELD & EL-FOULY, 1999). O elemento ferro tem baixa mobilidade dentro das plantas e se distribui pela folha sem que exista uma considerável translocação para fora da folha. Por outro lado, a aplicação de nutrientes imóveis pode incrementar a absorção de nutrientes pelas raízes (VOLKWEISS, 1991; FACCINI & PURICELLI, 2005).

Villachica (1996), estudando o camucamuzeiro na Amazônia peruana, em populações naturais de várzea, registrou teor de ferro de  $98 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Observa-se que, em solos inundados, os teores são maiores em comparação com aos de terra firme, isso porque em solos de várzea há boa fertilidade natural oriunda de grande material orgânico e mineral trazido durante as cheias dos rios (VIÉGAS et al., 2002; VILLACHICA, 1996).

As concentrações foliares de ferro no camucamuzeiro são inferiores as documentadas por Malavolta et al. (1997), Salvador et al., (1999b) e Yamada (2004), que mencionam teores foliares na faixa de  $117$  a  $162 \text{ mg.kg}^{-1}$  de ferro para a goiabeira.

Para o nutriente zinco, houve variação significativa apenas entre os tratamentos, não ocorrendo entre as épocas (Tabela 21). Ao observar as médias dos tratamentos, notou-se que o tratamento T10 proporcionou o maior valor médio de zinco e o tratamento T5 o menor, mas sem diferir dos demais tratamentos.

Todas as plantas adubadas com os tratamentos T9 e T10 apresentaram teores de zinco significativamente superiores aos encontrados nas plantas não adubadas. Nessa época, as plantas com maiores teores de zinco foram as adubadas com o tratamento T10, que não diferiram estatisticamente dos teores observados nas plantas do tratamento T9.

O maior nível de zinco foi constatado no tratamento T10, mediante aplicação de  $290 \text{ mg}$  de zinco via adubação foliar (Tabela 5). Esse resultado demonstra que o adubo foliar aplicado em intervalos menores de tempo favorece o maior acúmulo de elemento nas folhas do camucamuzeiro. Em adição, a aplicação foliar é mais efetiva para os

micronutrientes, pois a planta precisa de pequenas quantidades para suprir suas necessidades nutricionais (VOLKWEISS, 1991).

**Tabela 21** - Médias dos teores foliares de zinco nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Zinco			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		mg.kg <sup>-1</sup>			
T1	Testemunha	28a A	28a BC	22a A	26abc
T2	Adubação Orgânica	30a A	30a B	24a A	28abc
T3	Adubação Química Inteira	23a A	24a BC	24a A	24bc
T4	½ Adubação Química	24a A	23a BC	23a A	23bc
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	23ab A	17b C	27a A	22c
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	27a A	22a BC	27a A	26abc
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	31a A	28a B	27a A	29ab
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	26a A	25a BC	25a A	25abc
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	31a A	31ab AB	22b A	28abc
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	26b A	40a A	23b A	30a
Média		27a	27a	24a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 10,56) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 9,09) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Em um estudo realizado na várzea com populações naturais de camu-camu, o teor de zinco encontrado foi de 47 mg.kg<sup>-1</sup> (Villachica, 1996), valor este duas vezes maior do que as médias observadas nesse estudo e dos documentos por Salvador et al. (1999b) (14 mg.kg<sup>-1</sup> de Zn), em mudas de goiabeira.

Natale et al. (2003) avaliaram a resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco, e observaram que as mudas responderam à aplicação em substrato que continha baixo teor do micronutriente. Em adição, o maior desenvolvimento das plantas esteve associado à dose próxima de 2 mg.dm<sup>-3</sup> de zinco e houve também um efeito significativo sobre a área foliar e a altura das mudas de goiabeira.

O zinco é um elemento considerado imóvel, assim como o ferro. Quando aplicado em folhas jovens, há pouca ou nenhuma translocação para fora da folha, o que ocasiona a indução da absorção de nutrientes pelas raízes, devido ao melhor

crescimento das folhas e ao melhor desempenho da fotossíntese (ROMHELD & EL-FOULY, 1999; O'DELL, 2003; WÓJCIK, 2004).

Quanto aos teores foliares de manganês, não houve variação significativa entre os tratamentos (Tabela 22). As maiores médias foram as das plantas adubadas com o tratamento T10, que não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos.

**Tabela 22** - Médias dos teores foliares de manganês nos tratamentos aplicados em camu-camu (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

		Manganês			
Tratamentos		Épocas de Coleta			Médias
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		----- mg.kg <sup>-1</sup> -----			
T1	Testemunha	148a A	147a AB	86a B	127a
T2	Adubação Orgânica	162a A	108a AB	110a AB	127a
T3	Adubação Química Inteira	148a A	132a AB	113a AB	131a
T4	½ Adubação Química	126b A	111b AB	194a A	143a
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	189a A	66b B	110b AB	122a
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	137a A	86a B	128a AB	117a
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	170a A	108a AB	150a AB	143a
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	196a A	89b B	109b AB	131a
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	173a A	136a AB	118a AB	142a
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	138ab A	194a A	125b AB	152a
Média		159a	118b	124ab	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 88,61) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 66,21) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Ao observar as médias das épocas de coletas, verificou-se que os teores diminuíram significativamente da primeira para a segunda coleta. Da segunda para a terceira coleta, houve um pequeno acréscimo em relação ao teor de manganês, mas sem gerar variação estatística entre si. No entanto, a interação mostrou que, tanto na segunda como na terceira épocas, houve variação estatística entre os tratamentos. Na segunda época, as plantas com maiores teores de manganês foram as adubadas com o tratamento T10, porém sem diferirem níveis observados nas plantas dos demais tratamentos. Já na terceira coleta, as plantas adubadas com o tratamento T4

apresentaram teores significativamente superiores aos encontrados nas plantas não adubadas.

A quantidade de 116 mg de manganês aplicada nos tratamentos T7 e T10, não proporcionou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5). Talvez a concentração de manganês no adubo foliar não tenha sido suficiente para suprir as necessidades do camucamuzeiro, já que em populações naturais de camucamuzeiro na várzea, foi encontrado valor de 764 mg.kg<sup>-1</sup> de manganês (VILLACHICA, 1996), valor seis vezes superior ao registrado nesse trabalho. A fertilidade natural dos solos de várzea propicia um melhor desenvolvimento para o camucamuzeiro por conter grande quantidade de matéria orgânica procedente das cheias dos rios (VIÉGAS et al., 2002). Em folhas de mudas de goiabeira, Salvador et al. (1999b) encontraram teor médio de 23 mg.kg<sup>-1</sup> de manganês, valor cerca de seis vezes menor ao encontrado nesse estudo. Silva (2000) cita os teores foliares de manganês para a cultura da goiabeira, variedade Paluma, em torno de 150 mg.kg<sup>-1</sup>, próximos aos encontrados nesse trabalho.

#### 4.2.1 Considerações Gerais

Estudos relacionados à nutrição do camucamuzeiro ainda são incipientes na região. Por esse motivo, buscou-se obter informações sobre a espécie investigando diferentes adubações em condições de terra firme.

Diante dos níveis de concentração observados no presente estudo, constatou-se que os teores de Ca encontram-se em concentrações inferiores as mencionadas por Viégas et al. (2004a), podendo neste caso, não satisfazer as exigências nutricionais do camu-camu.

As plantas responderam à adubação foliar aplicada em quantidades de 580 mg, 116 mg e 290 mg, para os nutrientes Fe, Mn e Zn, respectivamente (Tabela 5). Para o macronutriente P, a quantidade de 2,291 g de P aplicada (Tabela 4), através do adubo foliar, proporcionou teores equivalentes aos proporcionados pela adubação química comprovando que houve uma utilização eficaz desse nutriente pelas plantas.

Esse fato corrobora com as afirmações de diversos autores (ANDREU et al., 2005; BOARETTO & MURAOKA, 1995; CAMARGO & SILVA, 2002; LOPES, 1999; VOLKWEISS, 1991), que citam a fertilização foliar como a forma mais eficiente e vantajosa para a aplicação dos micronutrientes. Eficiente em termo de quantidade de produtos, pois a planta requer pequenas doses de adubo e vantajosa, no ponto de vista efetivo, visto que é econômica se comparada com a adubação via solo.

A exigência nutricional representa as reais necessidades da espécie sobre determinados nutrientes. Para o camu-camu, a seqüência de nutrientes acumulada nos tecidos foliares apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes:  $N > Ca = K > P = Mg$ . Essa demanda nutricional está de acordo com a constatada por Viégas et al. (2004a):  $N > Ca > K > Mg = P$ . Pode-se notar que o N foi o elemento preferencialmente exigido pelo camu-camu, semelhante ao citado por Bataglia & Santos (2001) para a goiabeira, onde a seqüência de demanda nutricional para os macronutrientes mostrou-se da seguinte forma:  $N = K = Ca > Mg > P$ .

Com relação ao acúmulo de micronutrientes nos tecidos foliares, observou-se que apresentam a seguinte ordem decrescente:  $Mn > Fe > Zn$ . De acordo com Silva



(2000), na goiabeira, a seqüência obedece a seguinte ordem: Fe > Mn > Zn, diferindo da seqüência do camu-camu pela exigência maior de Fe pela cultura da goiaba.

Segundo Guitton (1996) e Oliveira et al. (1999), a seqüência de demanda nutricional é muito importante numa possível indicação de espécies para sistemas agroflorestais e agrícolas, pois aquelas espécies que apresentam seqüências iguais ou semelhantes poderão competir mais entre si pelos mesmos nutrientes do solo. Portanto, a escolha de espécies que apresentam seqüências diferentes é o mais aconselhável.

Em vista disso, com relação ao cultivo do camu-camu, pode-se aconselhar o pequeno agricultor a utilizar a adubação orgânica como fonte de macronutrientes. Além de liberar nutrientes, os adubos orgânicos trazem benefícios ao solo como: melhoram a estrutura, o arejamento e a capacidade de armazenar umidade, aumentam a capacidade do solo em armazenar nutrientes, funcionam como fonte de energia para os microrganismos, têm a capacidade de diminuir a perda de cálcio, magnésio e potássio pelas lavagens do solo e facilitam a absorção de nutrientes (MALAVOLTA et al., 2000; MELLO & FERNANDES, 2000).

Já para os micronutrientes, a adubação foliar tem se mostrado mais adequada, pois, as respostas das plantas ao nutriente aplicado é quase imediata, as doses são muito menores que as utilizadas em aplicações via solo, por causa da menor capacidade de absorção das folhas em relação as raízes, além do alto índice de utilização dos nutrientes pelas plantas (ANDREU et al., 2005; CAMARGO & SILVA, 2002; MELGAR, 2005; O' DELL, 2003).

### 4.3 Correlações entre os teores de nutrientes foliares da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.) e do camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) e os níveis de colonização por fungos micorrízicos arbusculares.

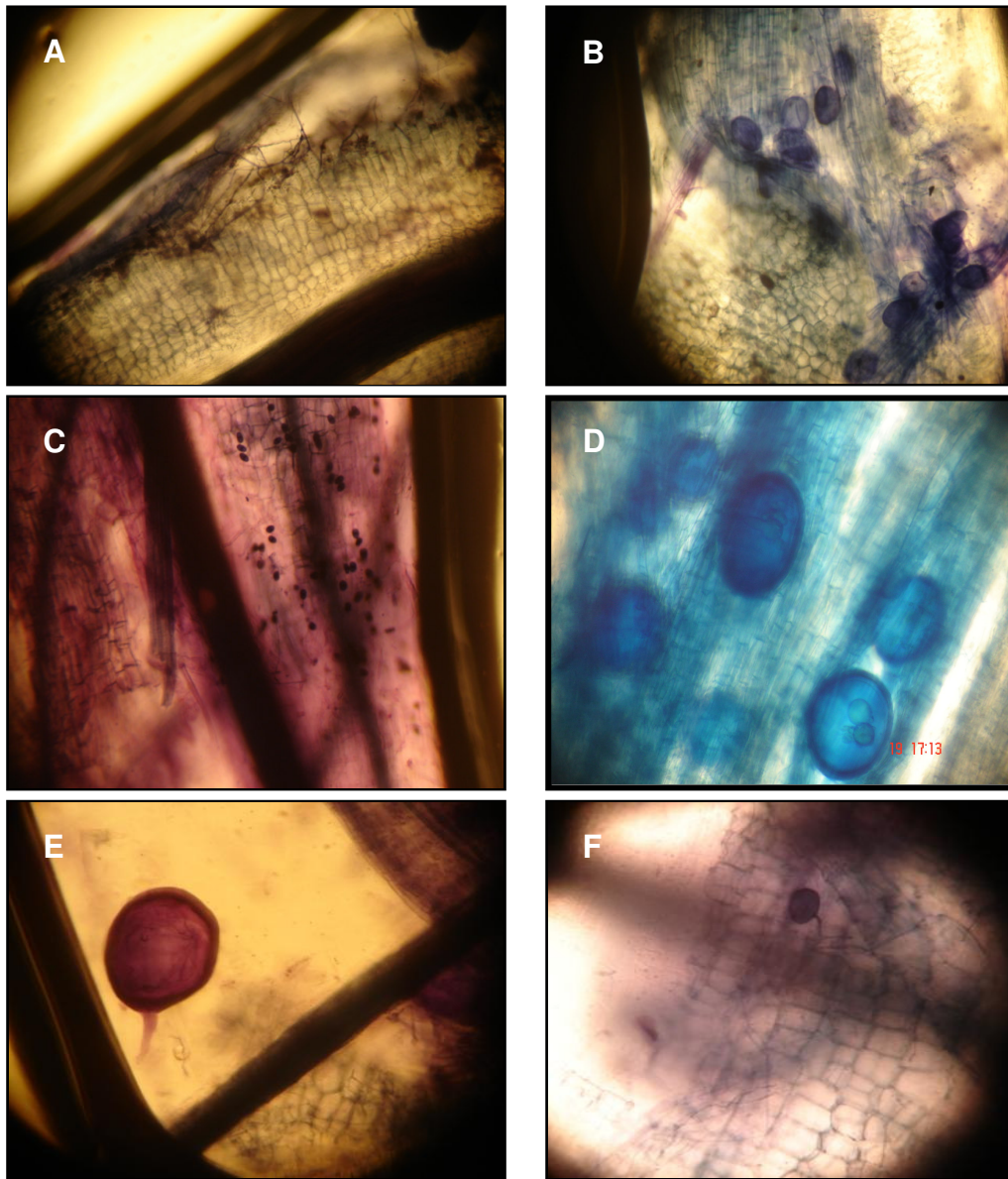
Para as taxas de colonização por fungos micorrízicos do camucamuzeiro não houve variação significativa entre as médias dos tratamentos e épocas de coleta (Tabela 23). Os índices de colonização micorrízica foram baixos, variando entre 9,41 e 13,38 %. Nas raízes das duas frutíferas avaliadas foi possível a visualização e identificação de várias estruturas fúngicas (Figura 12).

**Tabela 23** - Médias das taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (%) em camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*), em três épocas de coleta. Média de três repetições.

Tratamentos		Taxas de Colonização por FMA (%)			Médias
		Épocas de Coleta			
		08/04/06	15/07/06	07/11/06	
		----- % -----			
T1	Testemunha	10,30	12,50	10,28	11,03a
T2	Adubação Orgânica	8,53	13,44	8,89	10,29a
T3	Adubação Química Inteira	9,88	7,89	14,17	10,65a
T4	½ Adubação Química	9,33	8,89	10,94	9,72a
T5	Dose 1 + ½ Adubação Química	6,40	10,00	18,06	11,49a
T6	Dose 2 + ½ Adubação Química	6,63	6,89	14,72	9,41a
T7	Dose 3 + ½ Adubação Química	9,66	10,56	14,17	11,46a
T8	Dose 1 (a cada 30 dias)	13,48	12,50	14,17	13,38a
T9	Dose 2 (a cada 15 dias)	9,61	13,44	9,83	10,96a
T10	Dose 3 (a cada 10 dias)	6,64	13,83	18,06	12,84a
Média		9,05a	10,99a	13,33a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas e colunas não (DMS = 6,21) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Nesse estudo, as taxas de colonização micorrízica foram inferiores às observadas por Bastos et al. (2006), com média de 26,4 % em plantas de camu-camu cultivado em terra-firme, também na Comunidade Rural do Brasileirinho, e às mencionadas por Silva (2005), com média de 27,7 %, em sistemas agroflorestais com frutíferas, na Estação Experimental da EMBRAPA, Manaus.



**Figure 12** – Aspectos da colonização por fungos micorrízicos arbusculares em camucamuzeiro (A – Hifas, B e C – Vesículas e Hifas) e em aceroleira (D – Vesículas, E e F – Esporos). Fotomicrografia da raiz visualizadas com aumentos de 200x (A, C e F) e 400x (B, D e E), após coloração com Tryphan Blue. Fonte: T. Esashika (2006).

Os índices de colonização do camucamuzeiro também foram inferiores aos registrados por Oliveira & Oliveira (2003), que avaliaram a colonização micorrízica em cupuaçuzeiro e guaranazeiro na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas e constataram taxas com médias de 19 e 24 %, respectivamente e dos obtidos por Bastos et al. (2006), com média de 18,3 % para o araçazeiro, pertencente à mesma família do camucamuzeiro. No entanto, as taxas encontradas estão de acordo com as observadas por Oliveira & Moreira (1998), com média de 11,2 %, em cupuaçuzeiro de um sistema agroflorestal em Manaus. Moreira et al. (2006) reportaram a ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em frutíferas como a mangueira e o cupuaçuzeiro na Comunidade Rural do Brasileirinho, com taxas de colonização também muito baixas, em torno de 7,5 % para a manga e de 3 % para o cupuaçuzeiro.

As taxas de colonização podem ser influenciadas por diversos fatores, os quais exercem grande influência sobre a formação, o funcionamento e as relações ecológicas da associação planta-fungo. Dentre esses fatores, o alto teor de fósforo no solo exerce efeito acentuado no estabelecimento e no funcionamento da simbiose e também, na distribuição e composição de espécies. Segundo Silveira (1992), a maior taxa de colonização radicular e o efeito micotrófico ocorrem em solos com baixa disponibilidade de fósforo, diminuindo com o aumento do fósforo disponível. Essa relação explica a baixa taxa de colonização nas raízes das plantas do camucamuzeiro em virtude do alto teor de fósforo encontrado no solo das rizosferas. Vale salientar que o efeito dos altos teores de fósforo sobre a colonização micorrízica é dependente da espécie vegetal (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002), o que pode ser confirmado pelas taxas de colonização da aceroleira, as quais foram maiores do que às do camucamuzeiro.

Siqueira & Franco (1988) e Moreira & Siqueira (2002) explicam que o fósforo atua via nutrição da planta e a quantidade de nutrientes requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção, translocação e exigência interna da planta hospedeira. Por essas razões que algumas espécies de plantas apresentam altas taxas de colonização em determinados níveis de fósforo e outras com taxas bem menores, sem efetividade nenhuma na presença da mesma quantidade de fósforo.

Em solos de cerrado deficientes em fósforo, Fernandes et al. (1987) e Miranda et al. (1984) mencionam que, enquanto para o milho, a colonização reduz com a primeira

dose de fósforo, para a soja houve resposta positiva à aplicação de pequena quantidade desse nutriente.

Oliveira & Oliveira (2005) reportaram média de 49,2 % de colonização micorrízica, em bananeiras cultivadas em Latossolo com elevado teor de fósforo no solo ( $244 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) no Estado do Amazonas. Nesse estudo, a percentagem de colonização radicular não foi inibida pelo fósforo disponível, respaldando os resultados observados para a aceroleira (Tabela 24).

A influência do fósforo sobre a colonização micorrízica são indiretos via planta, de modo que, aumentando-se a disponibilidade do nutriente no solo, aumenta sua absorção pela planta e sua concentração na parte aérea, onde atua nos processos fisiológicos e metabólicos relacionados à fotossíntese, crescimento e distribuição de fotossintatos, e possivelmente sinais moleculares, atuando, assim, no estabelecimento e funcionamento da associação, agindo como um mecanismo de autoregulação da simbiose (HAUSE & FESTER, 2005; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Esses mecanismos são complexos e podem diferir nos diferentes tipos de micorrizas, e até nas diferentes interações fungo-planta, porém, ainda não estão totalmente esclarecidos. Algumas hipóteses têm sido propostas para explicar esse efeito (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; SCHACHTMAN et al., 1998; SILVEIRA, 1992):

- a) Fosfatases acumuladas nas raízes, em condições de baixo nível de fósforo, formariam dímeros com lectinas, as quais estariam bloqueando a penetração do fungo;
- b) Baixo suprimento de fósforo reduziria a síntese de fosfolípídeos, tornando as células mais permeáveis, havendo maior exsudação de aminoácidos e açúcares na rizosfera, o que estimularia a colonização da raiz e,
- c) Maior disponibilidade de fósforo no solo aumenta a concentração de açúcares nas células corticais, o que desfavoreceria a penetração do fungo e a colonização.

Estudos sobre fungos micorrízicos e fertilização, na Região Amazônica, ainda são insipientes. Porém, há estudos em solos tropicais com alto teor de alumínio sobre espécies de fungos tolerantes à alta saturação por alumínio e baixo pH (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Para a aceroleira, houve variação significativa entre as médias dos tratamentos, épocas de coleta e entre esses dois fatores (Tabela 24). Ao analisar as médias dos

tratamentos, observou-se que as plantas do tratamento testemunha apresentaram taxas de colonização estatisticamente superiores em comparação às plantas dos demais tratamentos, porém sem diferir do tratamento T9.

**Tabela 24** - Médias das taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares (%) em acerola (*Malpighia puniceifolia*), em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

Tratamentos		Taxas de Colonização por FMA (%)			Médias
		Épocas de Coleta			
		21/02/06	15/06/06	09/11/06	
		----- % -----			
T1	Testemunha	19,64b A	39,16b A	60,50a A	39,77a
T2	Adubação Orgânica	14,32a A	14,59a AB	27,50a BC	18,80b
T3	Adubação Química Inteira	10,96a A	17,72a AB	31,50a BC	20,06b
T4	Dose 1 + ½ Adubação Química	25,74a A	12,00a B	32,50a BC	23,41b
T5	Dose 2 + ½ Adubação Química	9,21b A	18,89ab AB	31,00a BC	19,70b
T6	Dose 3 + ½ Adubação Química	14,07a A	12,46a B	17,50a C	14,68b
T7	Dose 1 (a cada 30 dias)	22,36a A	11,31a B	22,00a C	18,56b
T8	Dose 2 (a cada 15 dias)	13,63a A	16,31a AB	17,00a C	15,65b
T9	Dose 3 (a cada 10 dias)	13,22b A	13,11b B	49,50a AB	25,28ab
Média		15,90b	17,28b	32,11a	

As médias com letras minúsculas iguais nas linhas (DMS = 25,94) e maiúsculas iguais nas colunas (DMS = 21,03) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Ao avaliar as médias das épocas de coleta, notou-se que as taxas aumentaram significativamente ao longo do tempo, sendo que na terceira época ocorreram os maiores níveis de colonização. No entanto, apenas na segunda e na terceira coletas ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos. Em ambas as coletas, as plantas do tratamento testemunha apresentaram taxas significativamente superiores aos demais tratamentos, mas diferir dos tratamentos T2, T3, T5 e T8, para a segunda coleta, e do tratamento T9, para a terceira coleta.

Nas plantas não adubadas, a colonização por fungos micorrízicos pode ter sido favorecida pela não fertilização do solo. Segundo Gryndler et al. (2006), a fertilização reduz a biomassa micelial dos fungos micorrízicos sob condições de campo e, conseqüentemente, o desenvolvimento da simbiose planta-fungo. A redução na biomassa do micélio externo dos fungos no solo resulta da baixa colonização das raízes

das plantas hospedeiras. Nos tratamentos que utilizaram algum tipo de adubo, as taxas de colonização foram duas vezes menores, confirmando as observações de que a fertilização química pode inibir o desenvolvimento dos fungos micorrízicos nas raízes das plantas (HAYMAN, 1982; OLSSON et al., 1997).

Siqueira et al. (2002) citam a existência de um mecanismo de reconhecimento mútuo entre a planta e o fungo. A sinalização entre os simbioses é regulada por uma complexa troca de sinais, os quais podem ser afetados por condições ambientais, como a utilização de adubos químicos. Logo, a baixa incidência de fungos micorrízicos nesse estudo pode estar relacionada com a aplicação de grande quantidade de insumos no solo (Tabela 1), os quais têm um efeito negativo na colonização micorrízica, pois as plantas adubadas conseguem absorver os nutrientes disponíveis no solo pelas suas próprias raízes, não necessitando formar simbiose com os fungos.

Gryndler et al. (2006) mencionam que algumas espécies de fungos micorrízicos podem ser severamente deprimidas pela agricultura convencional, onde fertilizantes minerais são usados. Galvez et al. (2001) observaram que a abundância de esporos de fungos micorrízicos é inferior em cultivos com adubação pesada comparado a cultivos com adubos em menores quantidades.

Segundo Moreira & Siqueira (2002), além dos fertilizantes, há vários outros fatores que afetam a colonização micorrízica, como a calagem, que podem alterar a população indígena dos fungos micorrízicos. Parte desse comportamento resulta da tolerância ou não dessas espécies aos metais em concentrações tóxicas, geralmente presentes em solos ácidos, como alumínio e manganês, onde a calagem reverte a ação fungistática desses metais.

A monocultura é outra prática agrícola que tem como consequência a seleção de espécies para a sobrevivência, ou seja, seleciona fungos de rápido crescimento e esporulação, ocorrendo uma seleção para a sobrevivência e não para a eficiência no hospedeiro. Isso pode resultar na seleção de espécies de baixa eficiência ou parasíticas para a cultura, contribuindo para o chamado “declínio da monocultura” (GRYNDLER et al., 2006; OEHL et al., 2004).

As plantas que receberam adubação orgânica apresentaram baixos níveis de colonização. Esse resultado discorda dos estudos de Gavito & Olsson (2003) e Joner

(2000), segundo os quais a fertilização orgânica influencia o desenvolvimento dos fungos micorrízicos, pois com o aumento da atividade biológica do solo, os fungos se beneficiam com a liberação de substâncias de estimulação do crescimento.

Couto (2000) registrou taxas de colonização micorrízica variando de 29,83 a 69,76 % em plantas cultivadas em um Latossolo Amarelo no município de Manaus. Excetuando as plantas do tratamento testemunha, as demais apresentaram valores médios de colonização abaixo da variação mencionada pelo autor.

St. John (1980b) documentou várias espécies tropicais brasileiras naturalmente colonizadas por fungos formadores de micorrizas arbusculares. Entre elas estão as frutíferas murici-do-campo (*Byrsonima chrysophylla*), mesma família da aceroleira, e a goiabeira (*Psidium guajava*), o jambeiro (*Eugenia malaccensis*) e a casca branca (*Eugenia citrifolia*), mesma família do camucamuzeiro.

Oliveira & Oliveira (2005) avaliaram a taxa de colonização micorrízica em bananeiras cultivadas em Latossolo Amarelo encontraram um valor médio de 49,2 %. Esses valores estão um pouco acima das taxas encontradas nesse estudo.

Não houve correlações significativas entre os teores de cálcio e ferro e a taxa de colonização micorrízica, havendo, porém, com os demais nutrientes avaliados (Tabela 25). De acordo com os coeficientes de correlação, a aceroleira apresentou seis correlações significativas, das oito analisadas. As correlações significativas e positivas foram com os macronutrientes magnésio, potássio, fósforo, nitrogênio e com os micronutrientes manganês e zinco.

As correlações significativas positivas sugerem que a associação micorrízica está contribuindo, pelo menos em parte, para a absorção de nutrientes pelas plantas. No entanto, os coeficientes de correlação apresentaram-se muito baixos, variando de 4,5 a 8,7 % (Tabela 25), indicando que outros fatores, além da associação estão atuando mais intensamente na absorção dos nutrientes do solo.

As correlações positivas para os nutrientes potássio e fósforo concordam com os estudos de Oliveira & Oliveira (2005), com banana nanica cultivadas em Latossolo Amarelo. Por sua vez, a correlação positiva para o fósforo corrobora com o trabalho de Oliveira & Oliveira (2004), em cupuaçuzeiro. Segundo Moreira & Siqueira (2002), as micorrizas arbusculares são capazes de mobilizar o fósforo do solo através de



modificações químicas na rizosfera, além de aumentarem a eficiência de fosfatos naturais do solo.

**Tabela 25** - Correlações entre as colonizações micorrízicas (%) e os teores de macro ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) nas folhas da aceroleira (*Malpighia puniceifolia*) cultivadas em um Latossolo Amarelo na Comunidade Rural do Brasileirinho (Manaus-AM). Médias de três épocas de coleta, cinco repetições.

Espécie	Equações	Valores de r	R <sup>2</sup> (%)
Acerola	Ca = 15,673 + 0,08595 FMA	0,13014ns	1,7
	Mg = 4,1093 + 0,04903 FMA	0,27821**	7,7
	K = 5,0818 + 0,07913 FMA	0,21245 *	4,5
	P = 1,2149 + 0,01028 FMA	0,22052**	4,9
	N = 24,725 + 0,10918 FMA	0,29451**	8,7
	Fe = 54,407 + 0,17172 FMA	0,13143ns	1,7
	Mn = 48,977 - 0,3511FMA	- 0,2585**	6,7
	Zn = 26,724 - 0,1006 FMA	- 0,2266**	5,1

ns: não significativo

\* significativo ao nível de 5 % de probabilidade

\*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade

Nos solos das regiões tropicais e subtropicais, a maior parte do fósforo encontra-se em formas pouco disponíveis às plantas, e segundo Silveira (1992), Siqueira et al. (2002) e Tsai (1992), o fósforo é o nutriente mais importante envolvido na resposta de crescimento das plantas micorrizadas. Por ser um elemento pouco móvel, sua absorção é facilitada pelas hifas externas do fungo e tem relação direta com o crescimento da planta. Quando o fósforo atinge concentrações próximas da adequada, a colonização é inibida por mecanismos auto-regulatórios da simbiose, já explicados anteriormente. Possivelmente, o baixo coeficiente de correlação entre os teores foliares e as taxas de colonização pode ser explicado pela afirmativa citada anteriormente, em que as micorrizas tornaram-se desnecessárias devido ao alto teor de fósforo encontrado no solo das aceroleiras (Tabela 1).

As correlações negativas para o manganês e zinco estão de acordo com os resultados de Oliveira & Oliveira (2004), para o cupuaçuzeiro e por estudos de Oliveira

& Oliveira (2005), com a banana maçã, ambos realizados em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. Confirmando esse fato, Moreira & Siqueira (2002) relatam que o zinco e o manganês inibem a germinação de esporos e o crescimento micelial e, por conseqüência, a colonização micorrízica das plantas. Diversos estudos evidenciam comportamento diferenciado das micorrizas em relação ao excesso desses elementos no solo, sendo conhecidos vários isolados tolerantes a vários metais contaminantes de solo. Esses isolados podem se tornar de grande interesse na revegetação de solos degradados, sendo as plantas micorrizadas as mais aptas a sobreviverem nessas condições (KLAUBERG-FILHO, 1999).

Para ambas as culturas, o número de esporos na rizosfera das plantas não adubadas (testemunha, T1) e nas adubadas com os tratamentos que consistiam de adubação orgânica, química, e combinação de adubação química e foliar mostrou-se crescente em todas as épocas de coleta (Tabela 26). Nas rizosferas de ambas as espécies das plantas do tratamento testemunha observou o maior número de esporos, com médias de 354, para a acerola e de 1072, para o camu-camu, seguidos do tratamento de adubação orgânica, com média de 318, para a acerola e de 1027, para o camu-camu. Esses valores elevados indicam que o número de esporos nas rizosferas das plantas são suficientes para que os fungos possam colonizar intensamente as raízes, e que outros fatores devem estar influenciando negativamente a simbiose planta-fungo. Nota-se também que, o número de esporos na rizosfera da aceroleira está em menor número em comparação ao do camu-camu, o que confirma a maior taxa de colonização na aceroleira e menor no camucamuzeiro.

Esses resultados confirmam os estudos de Gryndler et al. (2006), nos quais relatam o aumento no número de esporos nos tratamentos que continham adubação química e orgânica, em pesquisas para avaliar os efeitos dos fertilizantes minerais e orgânicos nos fungos micorrízicos arbusculares.

Segundo vários autores (Cordeiro et al., 2005; Focchi et al., 2004; Siqueira et al., 1989), a maior densidade de esporos micorrízicos em ecossistemas perturbados é explicada pela baixa taxa de colonização das plantas hospedeiras pelos fungos, ou seja, há um aumento na esporulação por falta de condições ambientais favoráveis. Além disso, a falta de estabilidade nos sistemas de monocultivo compromete a

sobrevivência de diversas espécies de fungos micorrízicos arbusculares, principalmente os de baixa capacidade de esporulação e colonização radicular, por causa de menor diversidade de espécies hospedeiras e da maior variação nas características do solo.

**Tabela 26** - Número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nas rizosferas de aceroleira e de camucamuzeiro nos tratamentos testemunha e em tratamentos contendo diferentes tipos de adubação, em 35 g de solo, no ano de 2006, cultivados na Comunidade Rural do Brasileirinho (Manaus – AM). Médias três épocas de coleta com cinco repetições para a acerola e três para o camu-camu.

Análise de Variância								
Tratamentos	Acerola				Camu-camu			
	21/02	15/06	09/11	Média	08/04	15/07	07/11	Média
	n.º 35 g solo							
Testemunha	322	350	389	354a	617	1150	1450	1072a
Adubação Orgânica	266	287	402	318ab	774	1062	1245	1027a
Adubação Química	280	302	336	306ab	830	953	986	923a
½ Adubação Química + Adubação Foliar *	257	289	331	292b	678	1075	1234	996a
Média	281	307	365		725	1060	1229	

As médias com letras minúsculas iguais nas colunas não (DMS Acerola = 61,10; DMS Camu-camu = 161,12) diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

\* Adubação Foliar: uma dose a cada dez dias

No entanto, os resultados desse trabalho discordam dos documentados por Silva Júnior & Cardoso (2006), para plantas cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. Nesse estudo, a quantidade de esporos fúngicos não foi alterada pelo sistema de manejo.

Uma das estratégias para alcançar a sustentabilidade dos solos amazônicos é maximizar o uso de microrganismos do solo, como os fungos micorrízicos arbusculares. Esses fungos possuem enorme potencial biotecnológico para a agricultura e qualidade ambiental, mas para sua plena exploração é necessário melhorar a micorrização das plantas, o que pode ser conseguido através do uso de inoculantes ou manipulação da população indígena (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Porém, um dos entraves para a utilização dessa biotecnologia é a falta de conhecimento da biologia dos fungos, da taxonomia e do seu comportamento nos solos da Amazônia. Além disso, apesar de diversas pesquisas comprovarem a eficiência da simbiose planta-fungo na região, estudos em condições de campo ainda são escassos e inconsistentes. Portanto, pesquisas nesse sentido são de fundamental importância, visando melhorar e expandir a agricultura sustentável na região, especialmente minimizando o custo e o uso de insumos agrícolas para os pequenos agricultores regionais.

## CONCLUSÕES

- As plantas de acerola que receberam adubação química e orgânica apresentaram os maiores teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio;
- As plantas de acerola que receberam os tratamentos com adubação foliar apresentaram os maiores teores de ferro, manganês e zinco. Esse fato comprova o favorecimento na absorção dos micronutrientes via foliar através da maior eficácia do adubo foliar;
- As plantas de camu-camu que receberam os tratamentos com adubação orgânica apresentaram as maiores médias de cálcio, magnésio, fósforo e potássio;
- Os micronutrientes ferro, manganês e zinco foram favorecidos pela aplicação de adubo foliar, exceto os teores de manganês, que não apresentaram variações significativas em camu-camu;
- A adubação foliar se mostrou efetiva para os micronutrientes, comprovando ser uma alternativa rápida, econômica e de fácil aplicação;
- Para as plantas de camu-camu, a adubação orgânica foi a mais adequada, pois proporcionou os maiores teores de cálcio, magnésio e potássio;

- Para os nutrientes fósforo, ferro, zinco e manganês, a adubação foliar mostrou-se mais eficiente;
- A associação micorrízica em plantas de camu-camu não influenciou a absorção de nutrientes do solo;
- Para as aceroleiras, houve correlações significativas positivas entre a colonização micorrízica e os teores de magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio e correlações negativas entre a colonização micorrízica e os teores de manganês e zinco;
- Nas aceroleiras, a associação mostrou-se benéfica através das correlações positivas, porém, a taxa de correlação apresentou-se muito baixa. Com isso, pode-se concluir que não houve um benefício eficaz da simbiose planta-fungo, e
- A adubação e a alta concentração de fósforo no solo podem ter influenciado, de forma negativa, a colonização micorrízica das espécies frutíferas avaliadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, I.; AHMAD, N.; SEE, L.S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Phil. Trans. R. Soc. London*, nº. 335 p. 379 - 388. 1992.
- ALFAIA, S. S.; OLIVEIRA, L.A. **Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia**. In: *Duas Décadas de Contribuições do INPA à Pesquisa Agronômica no Trópico Úmido*. Manaus: INPA, p.179 - 191. 1997.
- ALLEN, M.F. **The ecology of mycorrhizae**. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge (Ed.). 184p. 1991.
- ALVES, R.E.; BORGES, M.F.; MOURA, C.F.H. Camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). In: Alves, R.E.; Figueiras, H.A.C.; Moura, C.F.H. **Caracterização de frutos nativos da América Latina**. Jaboticabal, FUNEP, p.23 - 26. 2000.
- AMARAL, J.F.T. **Parte da planta e época para diagnose do estado nutricional e crescimento de ramos em aceroleira (*Malpighia emarginata* DC)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 84p. 1998.
- AMORIM, S.M.C.; PALM, A.C.B.; SILVA, M.G. Estudo ecofisiológico sobre endomicorrizas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, nº. 33, p. 23 - 26. 2004.
- ANDRADE, J.S. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira**. Campinas. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 177p. 1991.
- ANDRADE, J.S.; ARAGÃO, C.G.; GALEAZZI, M.A.M.; FERREIRA, S.A.N. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruits cultivated in the upland of Brazilian Central Amazon. **Acta Horticultura**, nº. 370, p. 177 - 180. 1995.

- ARAÚJO, P.S.R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill. 81p. 1994.
- ARAÚJO, R.C.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; VENEGAS, V.H.A.; DIAS, J.M.M.; PEREIRA, W.E.; SOUZA, J.A. Growth and yield of passion fruit in response to potassium nutrition. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v. 27, nº. 1, p. 128 - 131. 2005.
- ARGENTA, L.C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de *bitter pit* em maçã cv. gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.16, nº.1, p. 267 - 277. 1994.
- AUDREU, J.S.; BENITO, N.S.; SANZ, M.J. **La fertilización foliar de los cultivos**. Disponível em: <[http://www.fertiberia.com/informacion\\_fertilizacion/articulos](http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/articulos)>. Acesso em: 09 jan. 2006. 2005.
- AYRES, M.I.C.; ALFAIA, S.S. Efeito de NPK, calagem e micronutrientes na produção de frutos do cupuaçuzeiro. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em: 28 dez. 2005. 2004.
- BASTOS, R.S.; OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F.W. Aspectos nutricionais e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em algumas frutíferas cultivadas em propriedades rurais da Comunidade do Brasileirinho, Manaus, Amazonas. In: I Congresso sobre Diversidade Microbiana da Amazônia. Manaus. **Resumos**, p. 51-52. 2006.
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. *Informações agrônômicas*, nº. 96. 2001.
- BATISTA, R.J.R.; VELOSO, C.A.C.; SOUZA, F.R.S. Resposta da aceroleira aos nutrientes N, P, K em latossolo amarelo do município de Castanhal – PA. **Resumos**. Disponível em: <[www.cpatu.embrapa.br](http://www.cpatu.embrapa.br)> Acesso em 05 jan. 2007. 2003.
- BEVER, J.D.; SCHULTZ, P.A.; PRINGLE, A.; MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **BioScience**, v. 51, nº. 11, p. 923 - 931. 2001.
- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T. Adubação Foliar: Problemas e Perspectivas. In: Fertilizantes: Insumo básico para agricultura e combate à fome. XXI Reunião brasileira de fertilizantes do solo e nutrição de plantas. **Anais**. Petrolina – PE. Embrapa-CPATSA/SBCS. 273p. 1995.
- BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. Adubação Foliar. II Simpósio Brasileiro de Adubação Foliar. **Anais**. Campinas – SP, p. 301 - 669. 1989.



- BONATO, C.M.; FILHO, C.J.R.; MELGES, E.; SANTOS, V.D. **Nutrição mineral de plantas**. Universidade Estadual de Maringá. 150p. 1998.
- BONETTI, R.; NAVARRO, R.B. Ocorrência de micorrizas vesículo-arbusculares em espécies frutíferas nativas da Região Amazônica. **Energ. Nucl. Agric.**, nº. 11, p. 26 - 33. 1990.
- BONETTI, R.; OLIVEIRA, L.A.; MAGALHÃES, F.M.M. População de *Rhizobium* spp. e ocorrência de micorrizas VA em cultivos de essências florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, nº. 19, p. 137 - 142. 1984.
- BRUNDRETT, M.C. Coevolution of the roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, nº. 154, p. 275 - 304. 2002.
- CALZADA, B.J.; RODRIGUEZ, R.J. **Investigaciones sobre camu-camu (*Myrciaria paraensis* Berg.)**. Iquitos, INIA. 15p. 1980.
- CAMARGO, P.N. **Princípios de Nutrição Foliar**. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo – Brasil. 1970.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de Adubação Foliar**. São Paulo. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Ed. HERBA. 256p. 2002.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, v. 50, nº. 1, p. 21-36. 1994.
- CASTRO, A.F.; YUYAMA, K. Avaliação do crescimento de mudas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh), submetidas a adubação orgânica e mineral. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em: 28 dez. 2005. 2004.
- CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém. 5º Ed. 279p. 1991.
- CHAGAS-JUNIOR, A.F. **Efeito da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfato na fisiologia de quatro espécies de plantas de importância econômica da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Florestas Tropicais). INPA/FUA. Manaus, AM. 96p. 2000.
- CLEMENT, C.R. Food and fruit bearing forest species 3: examples from Latin American. FAO. **Forest paper** nº. 44, p. 201 - 203. 1986.
- COCHRANE, T.T.; SÁNCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. Soil chemical properties. In: **Land in tropical América, la tierra em América Tropical**. CIAT – EMBRAPA/CPAC nº. 3, p. 7 - 9. 1985.

- COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. In: Araújo, R.S.; Hungria, M. (Eds). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Documento nº. 49, 542p. 1994.
- CONCEIÇÃO, H.E.O.; VIÉGAS, I.J.M.; FRAZÃO, D.A.C.; SILVA, J.F.; BATISTA, M.M.F.; LIMA, M.M.; CRUZ, S.L. Efeitos da omissão de macro e micronutrientes no desenvolvimento de mudas de cupuaçuzeiro. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em: 28 dez. 2005. 2004.
- CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SAGGIN-JUNIOR, O.J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, nº. 3, p. 147-153. 2005.
- CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; CARVALHO, J.G.; MENDONÇA, V. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 24, nº. 3, p.793 - 796. 2002a.
- CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J.G. Acúmulo de macronutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em 06 jan. 2007. 2002b.
- CORRÊA, F.L.O.; SOUZA, C.A.S.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J.G. Acúmulo de micronutrientes em mudas de aceroleira adubadas com fósforo e zinco. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em 06 jan. 2007. 2002c.
- COUTO, L.B. **Aspectos sazonais da colonização micorrízica e fatores de fertilidade do solo em plantas de acerola (*Malpighia* sp.), Café (*Coffea arabica*) e laranja (*Citrus* sp.) em um latossolo do município de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. 62p. 2000.
- ELTENMILLER, R.R.; LANDER, W.D. **Vitamin analysis for the health and food sciences**. CRC Press. 360p. 1999.
- EMBLETON, T.W.; JONES, W.W. Foliar-applied nitrogen for citrus fertilization. **J. Environ. Quality**, v. 3, nº. 4, p. 388 - 391. 1974.
- EMBRAPA. **Acerola**. Disponível em: <<http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?>> Acesso em 06 mar. 2007. 2006.

- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.
- EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral das Plantas, Princípios e Perspectivas**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 341p. 1997.
- ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, D.C. Pulverizações foliares com cálcio aumentam a qualidade de frutos de macieira em determinadas safras. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em: 02 jan. 2006. 2004.
- FACCINI, D.E.; PURICELLI, E.C.M. **Comportamiento de herbicidas aplicados al follaje**. Facultad de Ciencias Agrárias. Santa Fe. Disponível em: <[www.fcagr.unr.edu.ar](http://www.fcagr.unr.edu.ar)> Acesso em: 9 jan. 2006. 2005.
- FALCÃO, M.A.; FERREIRA, S.A.N.; CHAVEZ-FLORES, W.B.; CLEMENT, C.R. Aspectos fenológicos e ecológicos do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) na terra firme da Amazônia Central. In: Falcão, M.A. (Ed.). **Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade de algumas frutíferas cultivadas na Amazônia**. Manaus: UFAM, v. 02, p. 57 - 65. 1993.
- FAPESP. Saudável Camu-camu: suco da fruta com alto teor de vitamina C é obtido em pó e microencapsulado. **Pesquisa Fapesp** nº. 64, p. 64 - 65. 2001.
- FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L.; GUEDES, G.A.A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. Campinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, nº. 2, p. 101 - 108. 1987.
- FERNANDEZ, A.A.; SILVA, G.D.; MARTINEZ, H.E.P.; BRUCKNER, C.H. Sintomatologia das deficiências minerais e quantificação de macronutrientes em mudas de aceroleira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, nº. 274, p. 639 - 650. 2000.
- FERREIRA, S.A.N. **Camu-camu**. Informativo de Sociedade Brasileira de Fruticultura. Campinas, v. 5, nº. 2. 1986.
- FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Propagação assexuada do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). **Acta Amazônica** nº. 27, p. 163 - 168. 1997.
- FOCCHI, S.S.; SOGLIO, F.K.D.; CARRENHO, R.; SOUZA, P.V.D.; LOVATO, P.E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, nº. 5, p. 469 - 476. 2004.

- FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N.C.; MOREIRA, F.M.S. Nutrição, Fertilização e Microbiologia em Espécies Florestais. Simpósio Mata Ciliar: Ciência e Tecnologia. **Anais**. Belo Horizonte, p. 80 - 110. 1999.
- GALVEZ, L.; DOUDS, D.D.; DRINKWATER, L.E.; WAGONER, P. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. **Plant Soil**, v. 228, p. 299 - 308. 2001.
- GARCIA, R.L.; HANWAY, J.J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filing period. **Agron. J.**, nº. 68, p. 653 - 657. 1976.
- GAVINHO, C.A. **Efeitos de Adubação Foliar na Produção de frutos e Ácido Ascórbico em Frutos do Camu-Camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) em condições de terra firme**. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) INPA/UFAM. 63p. 2005.
- GAVITO, M.E.; OLSSON P.A. Allocation of plant carbon to foraging and storage in arbuscular mycorrhizal fungi. **FEMS Microbiol. Ecol.**, nº. 45, p. 181 - 187. 2003.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decating. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, nº. 46, p. 235-244. 1963.
- GOOGLE MAPS. Disponível em: <[www.google.com.br](http://www.google.com.br)>. Acesso em 15 jan. 2006. 2007.
- GOMEZ, K. A. & GOMEZ, A. A. **Statistical procedures for agricultural research**. New York, John Wiley & Sons. 680p. 1984.
- GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **Acerola para exportação: aspectos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI. Série publicações técnicas, 43p. 1994.
- GRYNDLER, M.; LARSEN, J.; HRSELOVÁ, H.; REZACOVÁ, V.; GRYNDLEROVÁ, H.; KUBÁT, J. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. **Mycorrhiza**, v.16, p. 159 - 166. 2006.
- GUITTON, T.L. **Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Ciências Tropicais) INPA/UFAM. 81p. 1996.
- HAUSE, B.; FESTER, T. Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Planta**, v. 221, p. 184 - 196. 2005.

- HAYMAN, D.S. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Phytopatology**, v. 72, p. 1119 - 1125. 1982.
- HIGUCHI, M.I.G.; HIGUCHI, N. **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. Manaus. INPA (Ed.). 146p. 2004.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://inmet.gov.br>>. Acesso em: 02 fev. 2007. 2007.
- JONER, E.J. The effect of long-term fertilization with organic and inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. **Biol. Fertil. Soils**, v. 32, p. 435 - 440. 2000.
- JONES, J.B. Distribution of 15 elements in corn leaves. **Communications in soil science and plant analysis**, Monticello, New York, n.º. 01, p. 27 - 34. 1970.
- JORDAN, C.F.; STARK, N. Retention de nutrients en la estera de raices de un bosque pluvial amazônico. **Acta Cient. Venezolana**, n.º. 29, p. 263 - 267. 1978.
- KELTJENS, W. G. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible avoidance - A review. In: Plant-Soil Interactions at Low pH. **Brasilian Soil Science Society**, p.109 - 117. 1997.
- KLAUBERG-FILHO, O. Ecologia e atividade de fungos micorrízicos arbusculares em solo poluído com metais pesados. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal de Lavras, 161p. 1999.
- KOIDE, R.T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, n.º 14, p. 145 - 163. 2004.
- KORMANICK, P.P.; BRYAN, W.C.; SCHULTZ, R.C. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. **Can. J. Microbiol.**, n.º. 26, p. 536 - 538. 1980.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Ed. Rima. São Paulo. 531p. 2004.
- LE TACON, F.; GARBAYE, J.; CARR, G. The use of mycorrhizas temperate and tropical forests. **Symbiosis**, n.º. 3, p. 179 - 205. 1987.
- LESLIE, T. Herbal secrets of the rainforest. Prima Publishing. Austin. In: Maués, M.M.; Couturier, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) no Estado do Pará. **Revista Brasil. Bot.**, v. 25, n.º. 4, p. 441-448. 1998.

- LIMA, R.L.S.; SIQUEIRA, D.L.; WEBER, O.B.; CECON, P.R. Teores de macronutrientes em mudas de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) em função da composição do substrato. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n.º 6, p. 1110 – 1115. 2006.
- LIMA, R.L.S.; SIQUEIRA, D.L.; WEBER, O.B.; PAIVA, J.R. Composição de substrato e teores de N, Ca, Mg e S no tecido foliar de duas progênies de aceroleira. **Anais**. Disponível em: <[www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em 06 jan. 2007. 2002.
- LINDERMAN, R.G. **Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions**. In: Bethlenfalvay, G.J.; Linderman, R.G. (Eds.). *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Am. Soc. Agron. Spec. Publ. n.º 54, Wisconsin, p. 45 – 77. 1992.
- LOPES, A. S. **Micronutrientes: Filosofia de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA. Boletim Técnico n.º 8. 58p. 1999.
- LUDWING, M.M. **A nova rainha da vitamina C: camu-camu saúde é vida**. São Paulo: Azul, p. 15-23. 1996.
- MALAVOLTA, E. **É essencial a ação dos micronutrientes**. Informativo Coopercitrus, n.º 55, p. 34-36. 1991.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Editora Ceres. São Paulo. 254p. 1980.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Adubos e Adubações**. São Paulo. Nobel. 150p. 2000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 319p. 1997.
- MARINO NETTO, I. **Acerola: a cereja tropical**. São Paulo: Nobel. 94p. 1986.
- MARQUES, M.P.; ANDRADE, J.S.; SOUZA, R.S. Processamento de frutos de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) para xarope concentrado. **Resumos**. Reunião Regional da SBPC. Universidade Federal do Amazonas. 2005.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. Academic Press. 674p. 1986.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, v.159, n.º 1, p. 89 - 102. 1994.

- MCVAUGH, R. **Flora of Peru**. Myrtaceae I. Field Museum of Natural History. Botanical Series, v. 13, nº. 2, p. 569 - 812. 1958.
- MELGAR, R. Aplicación foliar de micronutrientes. **Proyecto Fertilizar**. Disponível em: <[www.fertilizar.org/articulos/aplicacion](http://www.fertilizar.org/articulos/aplicacion)> Acesso em: 07 jan. 2006. 2005.
- MELLO, M. S.; FERNANDES, M.R. **Adubação Orgânica e Adubação Verde**. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br>> Acesso em: 03 jan. 2006. 2000.
- MENGEL, K. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. **Acta Hortc.**, nº. 594, p. 33 - 48. 2002.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. **Soil. Biol. Biochem.** nº. 22, p. 579 - 584. 1990.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison, America Society of Agronomy. p. 29 - 44. 1992.
- MIRANDA, J.C.C.; SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. Influência de fungos endomicorrízicos vesicular-arbuscular na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. Campinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, nº. 1, p. 31 - 36. 1984.
- MORAIS, F.I.O. Respostas do cacauzeiro à aplicação de N, P e K em dois solos da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 63-69. 1998.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras. Ed. UFLA. 626p. 2002.
- MOREIRA, F.W.; RODRIGUES, F.S.; PRADO, K.L.L.; BUCKER, A.; ROMANO, I.; MARI, A.O.; CARVALHO, D.; OLIVEIRA, L.A. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares nas raízes de quatro espécies de importância econômica de uma propriedade rural da Comunidade do Brasileirinho – Manaus. I Congresso sobre Diversidade Microbiana da Amazônia. Manaus. **Resumos**, p. 61 - 62. 2006.
- NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; BANZATTO, D.A. Influência da época de amostragem na composição química das folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 69, nº. 3, p.247 - 255. 1994.
- NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; CENTURION, J.F. Resposta da goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma em formação à adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – São Paulo, nº. 23, v. 1, p. 92 – 96. 2001.

- NATALE, W.; COUTINHO, E.L.M.; BOARETTO, A.E.; PEREIRA, F.M. **Goiabeira: calagem e adubação**. Jaboticabal: FUNEP. 22p. 1996.
- NATALE, W.; PRADO, R.M.; CORRÊA, M.C.M. Resposta de mudas de goiabeira à aplicação de zinco. In: **Anais**. Congresso Brasileiro de Fruticultura. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em: 28 dez. 2005. 2003.
- O' DELL, C. **Foliar feeding of nutrientes**. Disponível em: <<http://www.findarticles.com.br>> Acesso em: 29 set. 2005. 2003.
- OEHL, F.; SIEVERDING, E.; MÄDER, P.; DUBOIS, D.; INEICHEN, K.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Oecologia**, v. 138, p. 574 - 583. 2004.
- OLIVEIRA, A.A.R.; TRINDADE, A.V. **Micorrizas na agricultura**. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jan. 2006. 2005.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestral em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, p. 1063 - 1068. 2004.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um latossolo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 481 - 488. 2005.
- OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Sazonalidade, colonização radicular e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira na Amazônia Central. **Revista Ciência Agrária** nº. 40, p. 145 - 154. 2003.
- OLIVEIRA, A.S.N; ANDRADE, J.S.; SILVEIRA, J.S. Elaboração de néctar de cubiu (*Solanum sessiflorum* Dunal) e camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). **Resumos**. Reunião Regional da SBPC. Universidade Federal do Amazonas. 2005.
- OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W.; CUNHA, B. **A cultura da acerola no Brasil**. Cruz das Almas: EMBRAPA. Documento 85. 35p. 1993.
- OLIVEIRA, L.A. **Ecologia microbiana nos solos dos trópicos úmidos**. In: III Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo. **Anais**. Londrina. p. 21-23. 1994.
- OLIVEIRA, L.A.; GUITTON, L.T.; MOREIRA, F.W. Relações entre colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. **Acta Amazônica**, nº. 29, p. 183-193. 1999.



- OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F. W.; MOREIRA, F. M. S. Ocorrências de microrganismos benéficos em ecossistemas amazônicos. In: **Duas Décadas de Contribuições do INPA à pesquisa Agronômica no Trópico Úmido**. Manaus: INPA. p. 221-240. 1997.
- OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F.W. A importância do uso adequado dos solos no zoneamento ecológico-econômico da Amazônia. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Eds). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**, v. 2, 150p. 1993.
- OLIVEIRA, A.N; MOREIRA, F.W. Micorrizas arbusculares em cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal de terra firme no município de Manaus. In: FertBio. **Resumos**. Caxambu. Sociedade Brasileira de Microbiologia, p. 617. 1998.
- OLIVEIRA, A.N; OLIVEIRA, L.A.; RAMOS, M.B.P. Fungos endomicorrízicos em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) e pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) em um solo de terra firme da Amazônia. In: Amostra Técnico-Científica da Universidade do Amazonas, **Anais**. Manaus, p. 12 - 13. 1999.
- OLIVEIRA, R.F.O.; VIÉGAS, I.J.M.; FRAZÃO, D.A.C.; BOTELHO, S.M. Efeito de tipos e doses de adubos orgânicos no desenvolvimento da aceroleira em latossolo amarelo textura média. Florianópolis. In: **Anais**. Congresso Brasileiro de Fruticultura. Disponível em: <[www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii)> Acesso em 06 jan. 2007. 2002.
- OLSSON, P.A.; BAATH, E.; JAKOBSEN, I. Phosphorus effects on the mycelium and storage structures of an arbuscular mycorrhizal fungus as studied in the soil and roots by analysis of fatty acid signatures. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 63, p.3531-3538. 1997.
- PETERS, C.M.; VASQUEZ, A. Estudios ecologicos de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). I. Producción de frutos em poblaciones naturales. **Acta Amazônica**, v. 16/17, nº. único, p. 161-174. 1987.
- PICÓN BAOS, C.; DELGADO DE LA FLOR, F.; PADILHA TRUEBA, C. **Descriptorios de camu-camu**. Lima. INIA: Informe Técnico 8. Programa Nacional de Cultivos Tropicales. 55p. 1987.
- PRIMAVESI, O. Resultados de nitrofoska foliar em diversas culturas no Brasil. In: Boaretto, A.E.; Rosolem, C.A. In: I Simpósio de Adubação Foliar. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. **Anais**. Botucatu – SP. 1980.
- RAINTREE. 2005. **Camu-camu**. Disponível em: <<http://www.raintreehealth.co.uk/>> Acesso em: 05 dez. 2005.

- RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro – RJ. 6ª Edição. 906p. 2001.
- REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L.E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, nº. 289, p. 1920-1921. 2000.
- RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; MUNIZ, J.A.; FARIA, M.R. Acúmulo e eficiência de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 24, nº. 1, p. 160-173. 2000.
- RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P.; MONTEIRO, L.L. Desempenho vegetativo de diferentes acessos de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) cultivados em terra firme. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, nº. 36, p. 85-90. 2001.
- RIBEIRO, S.I.; SILVA, J.F.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P. Avaliação de acessos de camucamuzeiro em terra firme. **Comunicado Técnico Embrapa**. Amazônia Oriental, nº. 17, p. 1-4. 2000.
- RIVA RUIZ, R. **Tecnología de producción agronômica Del camu-camu**. In: Curso sobre manejo e industrialización de los frutales nativo em la Amazonía Peruana. Pucallpa. Memoria Pucallpa: INIA, p. 13-18. 1994.
- ROMHELP, V.; EI-FOULY. **Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production**. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Workshop on Foliar Fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand, p. 10-14. 1999.
- ROSOLEM, C.A. **Adubação Foliar**. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Anais do Simpósio de Fertilizantes na Agricultura Brasileira, p. 419-449. 1984.
- ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. **Adubação Foliar em Soja**. In: Boaretto, A.E.; Rosolem, C.A. Adubação Foliar. Fundação Cargill, Campinas – SP, v. 2, p. 513-545. 1989.
- SALATI, E., SANTOS, A.A., LOVEJOY, T.E.; KLABIN, I. **Porque salvar a floresta amazônica**. Manaus. INPA. 114p. 1998.
- SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 27, nº. 2, p.325-331. 2003.
- SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, nº. 10, p. 1623 – 1631. 1998.

- SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Efeitos da omissão combinada de N, P, K e S nos teores foliares de macronutrientes em mudas de goiabeira. **Science Agrícola**, v. 56, n.º. 2. Piracicaba. 1999a.
- SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n.º. 9, p. 1655 – 1662. 1999b.
- SANCHEZ, P.A.; UEHRARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: Khasawneh, F.E.; Sample, E.C.; Kamprath, E.J. (Eds.). **The role of phosphorus in agriculture**. Ed. Madison. 2.ª Edição. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, p. 471-514. 1986.
- SCHACHTMAN, D.P.; REID, J.R.; AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil and cell. **Plant Physiology**, v. 116, p. 447-453. 1998.
- SCHENCK, N.C.; NICOLSON, T.H. A zoosporic fungus occurring on species of *Gigaspora margarita* and other vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycologia**, n.º. 69, p. 1049-1053. 1982.
- SENA, W.L.; VELOSO, C.A.C. Respostas de aceroleira aos nutrientes N, P e K em um latossolo amarelo de Castanhal, Pará. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)>. Acesso em: 28 dez. 2005. 2004
- SILVA JÚNIOR, J.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.º. 5, p. 819-825. 2006.
- SILVA, D.A.M. **Goiabeira (*Psidium guayana*): cultivo sob condição irrigada**. Recife, SEBRAE – PE. 40p. 2000.
- SILVA, G.C. **Fluxos e estoques de nutrientes, colonização por micorrizas arbusculares e influência das raízes na decomposição da liteira em sistemas agroflorestais e em vegetação secundária na Amazônia Central**. Tese (Universidade Federal do Amazonas – UFAM). 155p. 2005.
- SILVEIRA, A. Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, p. 257 - 282. 1992.
- SILVIA, D.M.; WILLIAMS, S.E. Vesicular arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: Bethlenfalvay, G.L.; Lindermann, R.G. (Eds). **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture**. Medison, American Society of Agronomy, p.101-124. 1992.

- SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: Simão, S. 1971. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 477-485. 1971.
- SIQUEIRA, J. O. Interação planta-microrganismo. In: III Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo. **Anais**. Londrina. p.18-20. 1994.
- SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M.R.; STÜRMER, S.L. Fungos micorrizicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, nº. 25, p. 12-21. 2002.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras: ESAL/FAEPE. 230p. 1993.
- SIQUEIRA, J.O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: Reunião Brasileira de Micorrizas. **Anais**. Embrapa, Centro Nacional de Pesquisas em Biologia do Solo, Itaguaí, RJ, p. 1-27. 1991.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbuscular em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, p. 1499-1506. 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas**. Brasília: MEC/ABEAS, 236p. 1988.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M; ARAÚJO, R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 142 p. 1994.
- SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. In: Machado, A.T.; Magnavaca, R.; Pandey, S; Silva, A.F. (eds). Poc. Int. Symposium on Environmental Stress: maize in perspective. **Anais**. Sete Lagoas: EMBRAPA, p. 240-280. 1995.
- SIQUEIRA, J.O.; SYLVIA D.M.; GIBSON, J.; HUBBELL, D.H. Spores, germination and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Cand. J. Microbiol.**, nº. 31, p. 965-972. 1985.
- SOUSA, E.C.C.; YUYAMA, K. Produção de mudas de camu-camu em quatro tipos de solos da Amazônia Central, com uso de adubação orgânica e mineral. In: XVIX Jornada de iniciação Científica - PIBIC. **Anais**. Manaus. p. 202-209. 2000.
- ST. JOHN, T.V. A survey of micorrhizal infection in Amazonian Rain Forest. **Acta Amazônica**, v. 10, nº. 3, p. 527-533. 1980a.

- ST. JOHN, T.V. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorríza vesicular-arbuscular. **Acta Amazônica**, v. 10, nº. 1, p. 229-234. 1980b.
- ST. JOHN, T.V.; MACHADO, A.D. Evidência da ação de microrganismos na ramificação de raízes. **Acta Amazônica** v. 8, nº. 1, p. 9-11. 1978.
- THOMAZ, M.A.A.; VIÉGAS, I.J.M.; SILVA, J.F.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Efeito da omissão de macronutrientes e do micronutriente boro no crescimento, sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camu-camu. In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura. **Anais**. Florianópolis. Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais\\_xvii](http://www.ufpel.edu.br/sbfruti/anais_xvii)>. Acesso em: 28 dez. 2005. 2004.
- TRAPPE, J.M. A. B. Frank and mycorrhizae: the challenge to evolutionary and ecologic theory. **Mycorrhiza**, nº. 15, p. 277-281. 2005.
- TSAI, S.M.; BARAIBAR, A.V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeito de fatores do solo. In: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas – SP. 360p. 1992.
- TYREE, M.T.; WESCOT, C.R.; TABOR, C.A.; MORSE A.D. Diffusion and electric mobility of KCl within isolated cuticles of *Citrus aurantium*. **Plant Physiol.**, nº. 99, p. 1057-1061. 1992.
- VIÉGAS, I.J.M.; FRAZÃO, D.A.C.; SILVA, J.F. **Camucamuzeiro: Nutrição, Calagem e Adubação**. Circular Técnica nº. 38. Embrapa. Belém – PA. 2004a.
- VIÉGAS, I.J.M.; RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P. **Recomendações para o cultivo do camucamuzeiro no Estado do Pará**. Circular Técnica nº. 31. Embrapa. Belém – PA. 2002.
- VIÉGAS, I.J.M.; THOMAZ, M.A.A.; SILVA, J.F.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; NAIFF, A.P.M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 26, nº. 2, p. 315-319. 2004b.
- VILLACHICA, H.L. **El cultivo Del camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) em la Amazonia Peruana**. Mirigraf. Lima. 1996.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: Simpósio sobre micronutrientes na agricultura, 1988, Jaboticabal. **Anais**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, p. 391-412. 1991.

- WALLACE, A.; MUELLER, R.T.; ALEXANDER, G.V. Influence of phosphorus on zinc, iron, manganese and copper uptake by plants. **Soil Science**, Baltimore, v. 126, n.º 6, p. 336-341. 1978.
- WÓJCIK, P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12. 2004.
- YAMADA, T. Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. **Encarte Informações Agronômicas**, POTAFOS, n.º. 105. 2004.
- YUYAMA, K.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, L.K.O. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Acta Amazônica**, v. 32, n.º. 1, p. 69-174. 2002.
- YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, K.; LOPES, T.M.; FAVARO, D. I.T.; BERGL, P.C.P.; VASCONCELLOS, M.B.A. Teores de elementos minerais em algumas populações de camu-camu. **Acta Amazônica**, v. 33, n.º. 4, p. 549-554. 2003.

## APÊNDICES

**Apêndice 1** - Análises de variância de macro e micronutrientes nas folhas de camucamuzeiro em três épocas de coleta. Média de três repetições.

		<b>Análise de Variância</b>							
<b>Fatores de Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>							
		<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Blocos</b>	2	1,71494ns	0,62861ns	18,01155ns	0,01792ns	0,2475ns	160,04444ns	417,37778ns	94,17778ns
<b>Trat-a (Ta)</b>	2	8,38979ns	4,25926ns	115,12677*	88,52134**	120,17778**	7496,311111**	14530,34444*	63,54444ns
<b>Resíduos-a</b>	4	11,92196	1,63803	15,53919	0,00450	3,27778	393,14444	1598,16111	66,02778
<b>Parcelas</b>	8								
<b>Trat-b (Tb)</b>	9	15,45374*	1,75336*	10,61029*	3,00698**	6,20247ns	761,61605**	1127,33827ns	54,91481**
<b>Int. Ta x Tb</b>	18	8,28952ns	1,02436ns	6,09632ns	2,42148**	4,98025ns	466,50864**	3542,98642**	50,80370**
<b>Resíduo-b</b>	54	7,39624	0,82399	4,26146ns	0,17404	6,51728	78,07407	1080,08519	15,33704
<b>Total</b>	89								
<b>CV%-a</b>		52,22	81,87	65,25	3,55	11,67	29,95	29,94	31,16
<b>CV%-b</b>		41,13	58,07	34,17	22,08	16,46	13,34	24,61	15,02

ns: não significativo ( $p \geq .05$ )

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $01 \leq p < .05$ )

**Apêndice 2 -** Análises de variância de macro e micronutrientes nas folhas de aceroleira em três épocas de coleta. Média de cinco repetições.

<b>Análise de Variância</b>									
<b>Fatores de Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>							
		<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Blocos</b>	4	182,89994ns	2,69239ns	49,69484ns	0,27107ns	71,40741ns	1203,57407ns	3349,30370**	95,4333ns
<b>Trat-a (Ta)</b>	2	3761,79426**	319,21336**	1277,59458**	22,10102**	618,00741**	16134,14074**	9968,49630**	550,68889**
<b>Resíduos-a</b>	8	92,17014	3,42607	20,96110	0,12586	27,36852	592,61296	213,12593	46,77222
<b>Parcelas</b>	14								
<b>Trat-b (Tb)</b>	8	292,02225**	29,59324**	109,64444**	1,14705**	127,85741**	1347,49074**	498,96296*	107,06667**
<b>Int. Ta x Tb</b>	16	159,60780**	15,10060**	54,58116**	1,09804**	30,93241ns	464,03241**	847,47130**	105,46389**
<b>Resíduo-b</b>	96	39,41778	1,07795	9,88630	0,15685	19,39815	93,04167	230,82269	37,29676
<b>Total</b>	134								
<b>CV%-a</b>		54,65	35,68	67,10	24,62	19,67	41,78	35,39	27,90
<b>CV%-b</b>		35,74	20,01	46,08	27,48	16,56	16,56	36,83	24,92

ns: não significativo ( $p \geq .05$ )\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $01 \leq p < .05$ )



**Apêndice 3** - Análise de variância das taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares coletados das rizosferas das espécies estudadas em três épocas de coleta. Média de cinco repetições para a acerola e três para o camu-camu.

Fatores de Variância	Análise de Variância			
	Acerola		Camu-camu	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
<b>Blocos</b>	4	663.68082ns	8	82,15462ns
<b>Trat-a (Ta)</b>	2	3632.81143**	2	413,61752ns
<b>Resíduos-a</b>	8	404.90502	16	148,52032
<b>Parcelas</b>	14		26	
<b>Trat-b (Tb)</b>	8	849.45592**	9	42,46012ns
<b>Int. Ta x Tb</b>	16	359.35227*	18	75,75365ns
<b>Resíduo-b</b>	96	166.88977	216	51,12307
<b>Total</b>	134		269	
<b>CV%-a</b>		92,45		109,57
<b>CV%-b</b>		59,35		64,28

ns: não significativo ( $p \geq .05$ )

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $01 \leq p < .05$ )

**Apêndice 4** - Análise de variância da quantificação do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletados das rizosferas das espécies estudadas em três épocas de coleta. Média de cinco repetições para a acerola e três para o camu-camu.

Fatores de Variância	Análise de Variância			
	Acerola		Camu-camu	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
<b>Blocos</b>	2	7266.58333**	2	82,15462ns
<b>Tratamentos</b>	3	2074.30556**	3	413,61752ns
<b>Resíduos</b>	6	466.47222	6	148,52032
<b>Total</b>	11		11	
<b>CV%</b>		6,80		7,80

ns: não significativo ( $p \geq .05$ )

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $01 \leq p < .05$ )